شبابنا

موسوعة لاروس

الكون





مراقبة السماء

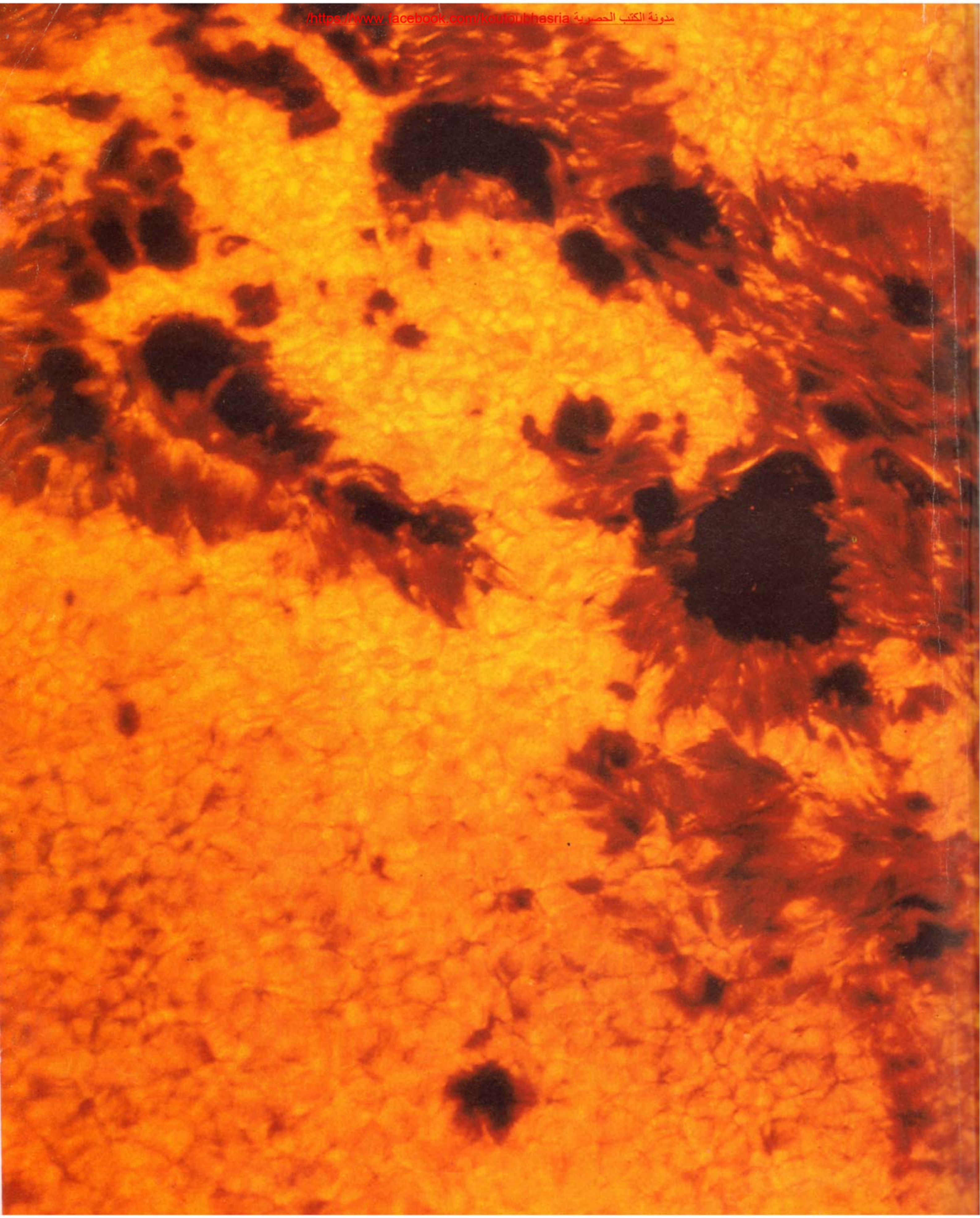


نجوم ومجرّات



اكتشاف الفضاء

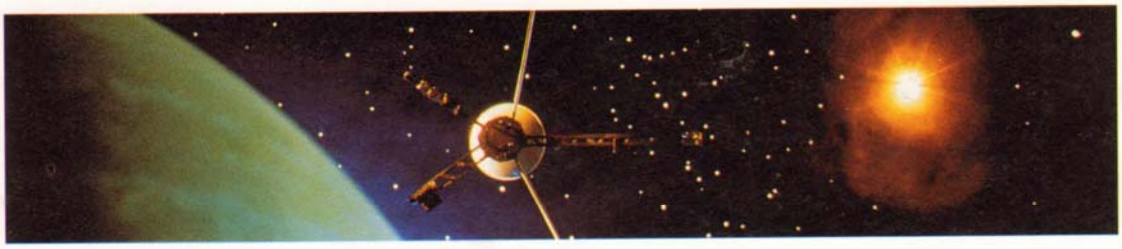
عويدات





شبابنا

موسوعة لاروس



الكوْن

تعريب

د. جوزيف منصور

عويدات للنشر والطباعة

بيروت - لبنان

ص.ب.: 628 - تلفاكس: 853757 1 961 - تلفون 616033 3 961 - E-mail: gilles@Destination.com.lb



اكتشفوا موسوعة

الكوْن

النظرة الشاملة إلى الكون تظهر عبر الصفحات: الشمس، الكواكب، النجوم، المجرّات... بسبر أعماق الفضاء، يروي الفلكيون تاريخنا منذ انفجار الخلْق العنيف.

كيفية استعمال هذا الكتاب



يُقسَم هذا الكتاب إلى أربعة أقسام.

يُقدَّم كلٌّ منها بموجز يذكر الفصول المختلفة ويُعطي ملخصاً قصيراً عن محتواها.

هناك صفحات مزدوجة تؤمّن الإيقاع في الكتاب، وتسمح باكتشاف صور استثنائيّة، كصورة فجر شماليّ أو صورة تصليح جرى في الفضاء.

وقد جُمعت في الصفحات الأخيرة تواريخ وأرقام، وحوادث مُهمّة، وأرقام قياسيّة، بالإضافة إلى سِيَر لمشاهير الفلكيين وروّاد الفضاء. في نهاية الكتاب يوجد فهرس أبجدي يساعد على الرجوع الى الصفحة حيث نجد المعلومات التي نفتش عنها.



يحتلّ هذا الكتاب مكانه في موسوعة شبابنا. تمّ طبعه بإدارة كلود نودان وماري ليز كوك، بموازرة فيليب دولا كوتارديار، ومساعده باسكال شومينيه، أوليفيه كورنو وآن ليتهود.

الرسوم والإدارة الفنيّة
آن بواييه
ايمانويل شاسبول

الأيكونوغرافيا
آن ماري مويز - جوبير
ميشال كرنييس

الغلاف
جيرار فريتش
فيرونيك لابورت

الطبعة العربية
إشراف: ميَسر عبد العال
تنفيذ: 4 Films est.

ISBN 9953-28-006-1

الطبعة 2008

شبابنا



عنوان الفصل
كل فصل يُعرَض على صفحتين مزدوجتين

المقدِّمة
تختصر المقدمة الموضوع الذي سيعالج في الصفحات التالية

صورة بانوراميّة
تزيّن موضوعاً من موضوعات الفصل

نصوص الهوامش
النصوص الهامشية تحتوي معلومات إضافيّة



القاموس الصغير
تحدَّد فيه الكلمات المكتوبة بالحرف الاسود

عنوان فقرة
كل فقرة تتوسع في ناحية مهمة من الموضوع

أسطورة الصورة
إنّها تعطي الشرح والرسم

ترسيمة
الموضوعات العلميّة أو التقنيّة مشروحة بترسيمات



فهرس





الكتـــاب

نجوم ومجرّات 44



اكتشاف الفضاء 68

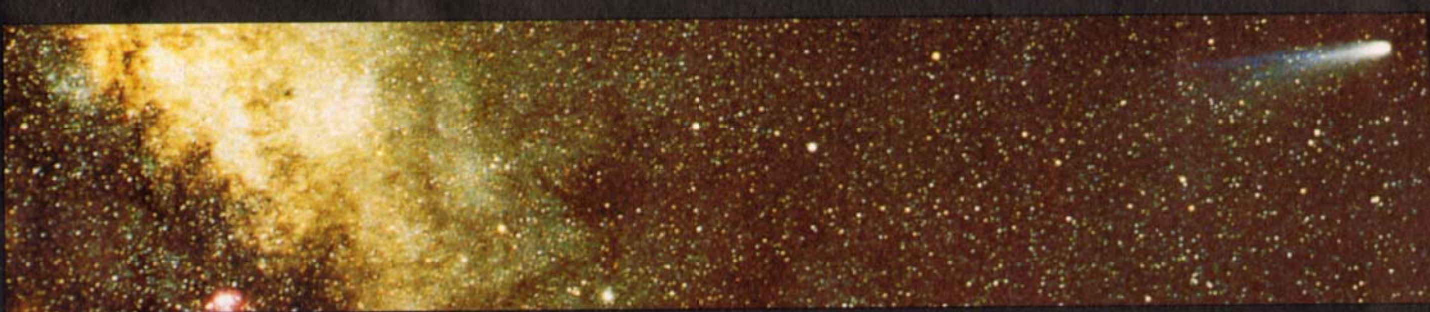
عويدات للنشر والطباعة 1039 / 2002



السما









ء ورصدها







تكوّن السماء المرصّعة بالنجوم مشهداً رائعاً يمكن كل شخص أن يراه. وحسب الساعة من الليل، والفترة من السنة، ونقطة المراقبة من الأرض، تظهر السماء بمظهر مختلف دائماً.

مشهد السماء

في الليل، عندما لا يكون هنالك غيوم، يتلألأ في السماء عدد هائل من النقاط المضيئة. بعضها يمثل **كواكب** تدور حول الشمس، وتستمد نورها منها مثل الأرض. أمّا البقيّة فهي شموس بعيدة كل البعد. ولرؤيتها جيداً، يكفي المشاهد أن يكون في مكان طليق، بعيداً عن أضواء المُدن. وبالعين المجردة، وبلا أيّة آلة، يمكن التعرف إليها، وملاحظة الفروق في لمعانها وتتبّع خط سيرها في السماء.

النجوم والكوكبات

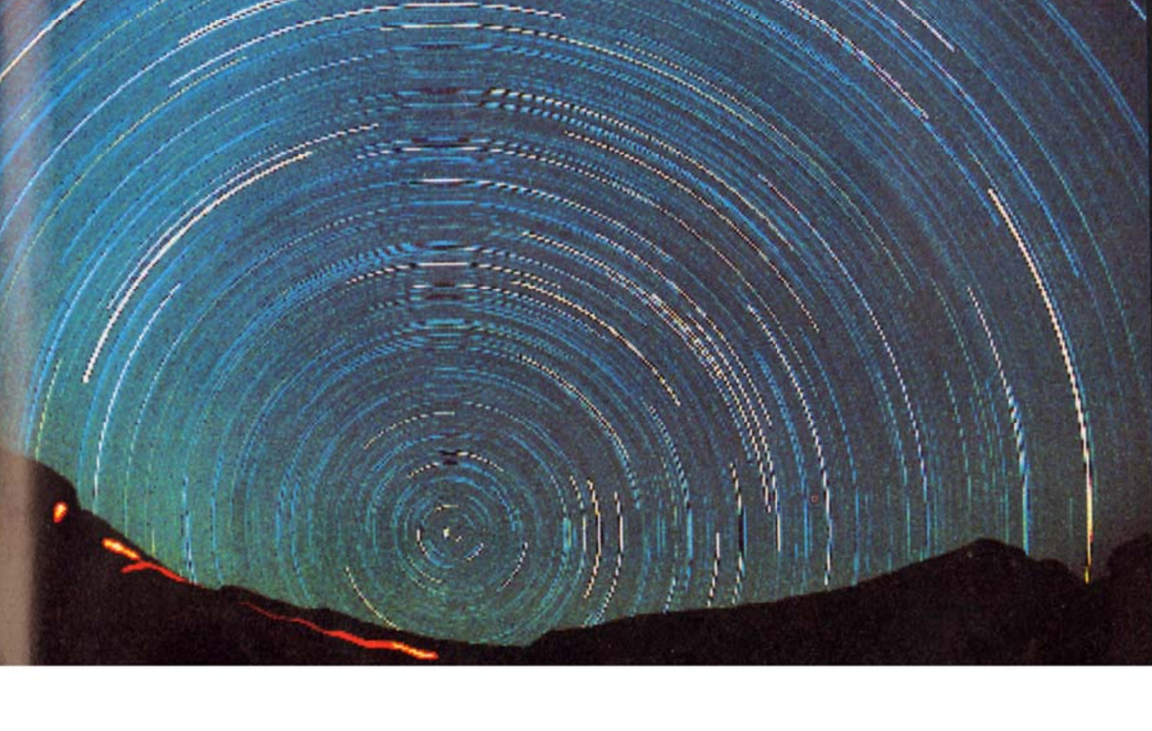
في السماء، بإمكاننا أن نرى، بالعين المجرّدة نحو 000 6 نجمة، من بينها نحو عشرين نجمة شديدة اللمعان. لتحديد مواقعها ومَوْضعة الظواهر السماويّة، قسَّم علماء العصور القديمة النجوم إلى **مجموعات** حَسَب الأشكال التي تؤلفها النجوم المتجاورة، وقد أطلِقَ عليها اسم كوكبات.

ميّز الإغريقيون، قروناً عدّة قبل المسيح، 48 كوكبة أطلقوا عليها أسماء آلهتهم أو أسماءَ أبطالهم: أوديون، كسيوبيه، اندروميد... فمعظم كوكبات **نصف الكرة الجنوبي** التي لم تكن تُرى من المناطق التي كان الإغريقيّون يسكنونها، لم تُراقَبْ إلاّ في زمن متأخّر جدًّا. أسماؤها تعود إلى القرنين السابع عشر والثامن عشر. وهي في غالبيتها أسماء آلات علميّة أو أسماء عصافير: الراصدة، المِجهر، الغراب....

الطريق اللبنيّ (دَرْب التبّانة)

في نصف الكرة الشمالي ونصف الكرة الجنوبي سحابةٌ بيضاء ضبابيّة ذات محيط غير منتظم، تجتاز السماء كوشاح هائل. هي تكدّس النجوم، وهذه النجوم هي من الوفرة بحيث يستحيل تمييزها بطريقة فرديّة، وتُسمّى الطريق اللبنيّ (درْب التبّانة) لأن لونها يذكّر بلون اللبن.

بالإمكان رؤية تحرك النجوم عندما تصوّر السماء تصويراً شمسيًّا لمدة تعريض للنور طويلة.



- **تحرك يومي:** حركة دوران تظهر الشمس كأنها تقوم بها حول الأرض كل يوم.
- **جرْم سماويّ:** كل جسم سماويّ طبيعي (نجم، كوكب، الخ).



- **شمس:** نجمة تدور حولها الأرض وكواكب النظام الشمسيّ الأخرى.
- **قطب سماويّ:** كِلَ من النقطتين الوهميتين حيث يخترق محور القطبين الأرضيين الكرة السماوية.
- **كرة سماوية:** كرة متحركة هائلة تخيلها الفلكيون؛ مركزها الأرض، وتُفترض النجوم مثبتة فيها.
- **كوكب:** جرم سماويّ لا يضيء بذاته يدور حول نجمة.
- **كوكبة:** مجموعة نجوم متجاورة في السماء تشكل هيئة أعطيت اسماً؛ منطقة من السماء تشتمل على هذه المجموعة حددها الفلكيون بدقة.
- **نجمة:** جرْم غازيّ شديد الحرارة يُحدث نوراً ويرسله.
- **نصف الكُرة:** كل من نصفَي الكرة الأرضية أو الكرة السماوية.



السماء المرصّعة بالنجوم مرئيّة من الأرض

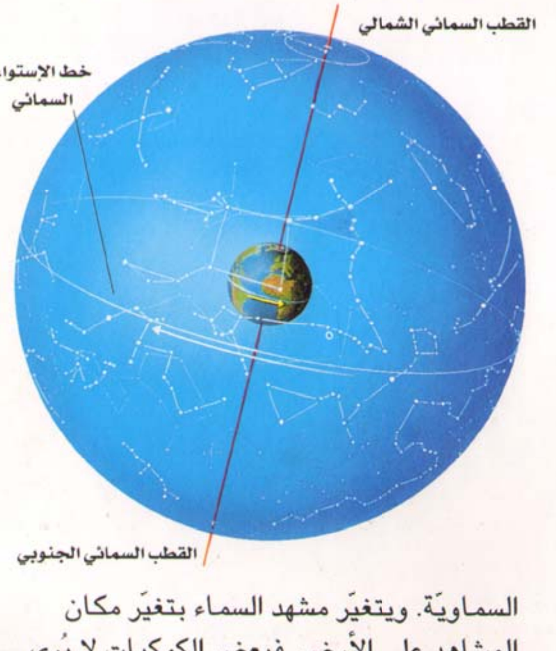
حركة السماء وحركة النجوم

من يراقب السماء لساعات متتالية يلاحظ أنّ النجوم تبدّل موقعها. ففي نصف الكرة الشمالي، وحدَهُ النجم القطبي يبقى ثابتاً تقريباً. أمّا بقيّة النجوم كتلك التي تؤلّف كوكبة الدبّ الأكبر، مثلاً، فتبدو دائرة حولها. وهذه الحركة تبدو جليّةً عندما تُصوِّرُ السماءُ تصويراً شمسيًّا لمدة تعريض للنور طويلة. وتُلاحَظ هذه الظاهرة نفسُها في نصف الكرة الجنوبي، حول نقطة قائمة في مقابل النجم القطبيّ، في كوكبة أوكتان الصغيرة. وتبدو السماء دائرة حول نفسها بأقلَّ من 24 ساعة بقليل: وهذا ما يسمّيه الفلكيّون **التحرّك اليومي**. ولكن هذا التحرّك ظاهريّ. في الواقع، إنّ الأرض هي التي تدور حول نفسها، من الغرب إلى الشرق في 23 ساعة و56 دقيقة، حول مِحور يمرّ بالقطبين. فإذا نظرنا إلى السماء، في الساعة نفسها، من مكانٍ محدّد، لا نرى النجوم نفسها على الإطلاق. فالسماء، في الواقع، تستعيد المظهر نفسَهُ، لا في 24 ساعة بالضبط، بل في 23 ساعة و56 دقيقة (مدّة دوران الأرض على نفسها دورة كاملة). وهكذا، إذا نظرنا إلى السماء، يوماً، في الساعة الحادية والعشرين، فعلينا أن نراقبها قبل أربع دقائق في اليوم الثاني، إذا شئنا أن نجد النجوم في الموقع نفسه. ويكون التفاوت في 15 يوماً ساعةً، وفي شهر ساعتين، وست ساعات في فصل (ثلاثة أشهر).

الكرة السماويّة

لِمَوضَعة النجوم في السماء بطريقة مُلائمة، تخيّلها الناس مثبتةً على كرة هائلة، هي **الكرة السماويّة**. وهذه الكرة مركزها الأرض، وتدور على نفسها حول مِحور القطبين، متزامنةً مع كوكبنا، ولكن بالاتجاه المعاكس.

وكما أنّ موقع نقطة ما على الأرض يحدد بخط الطول وخط العرض المناسبين، هكذا يحدد موقع النجوم في السماء بإحداثيّاتها على الكرة

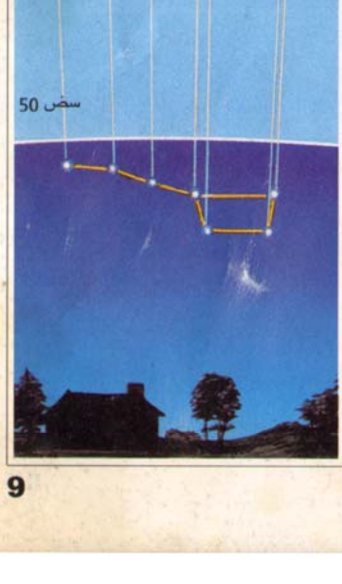


السماويّة. ويتغيّر مشهد السماء بتغيّر مكان المشاهد على الأرض. فبعض الكوكبات لا يُرى إلاّ في نصف الكرة الشمالي (الدبّ الأكبر، الدبّ الأصغر، كسيوپيه...) وبعضها الآخر لا يُرى إلا في نصف الكرة الجنوبي (صليب الجنوب، الكرين)...

وهناك نجوم لا تُرى إلاّ في جزء من الليل، بين شروقها (في الشرق) وغروبها (في الغرب)، وهناك نجوم يمكن أن تُرى باستمرار: وهي التي تحيط **بالقطب السماويّ** المرئي من مكان وجود المُشاهد؛ وتُسمّى «النجوم الجوقطبيّة». والناس الذين يعيشون على امتداد خط الاستواء بإمكانهم أن يستعرضوا السماء وهي تمرّ أمامهم في ليلة. أمّا في القطبين، على عكس ذلك، فلا يمكن أن يُرى إلاّ نصف الكرة السماويّة.

الكوكبات: تَوهُّم وواقع

ليس للكوكبات وجود حقيقيّ. فهي نتيجة للمنظور. ترسمها نجوم قائمة في اتجاهات متقاربة، ولكنّ أبعادها عن الأرض مختلفة. فالتي ترسم كوكبة الدبّ الأكبر تتدرّج على مسافات تتراوح بين 65 و 200 سنة ضوئيّة، تقريباً، عن كوكبنا. والسنة الضوئيّة (سض) تمثل المسافة التي يقطعها الضوء في الفراغ في سنة.

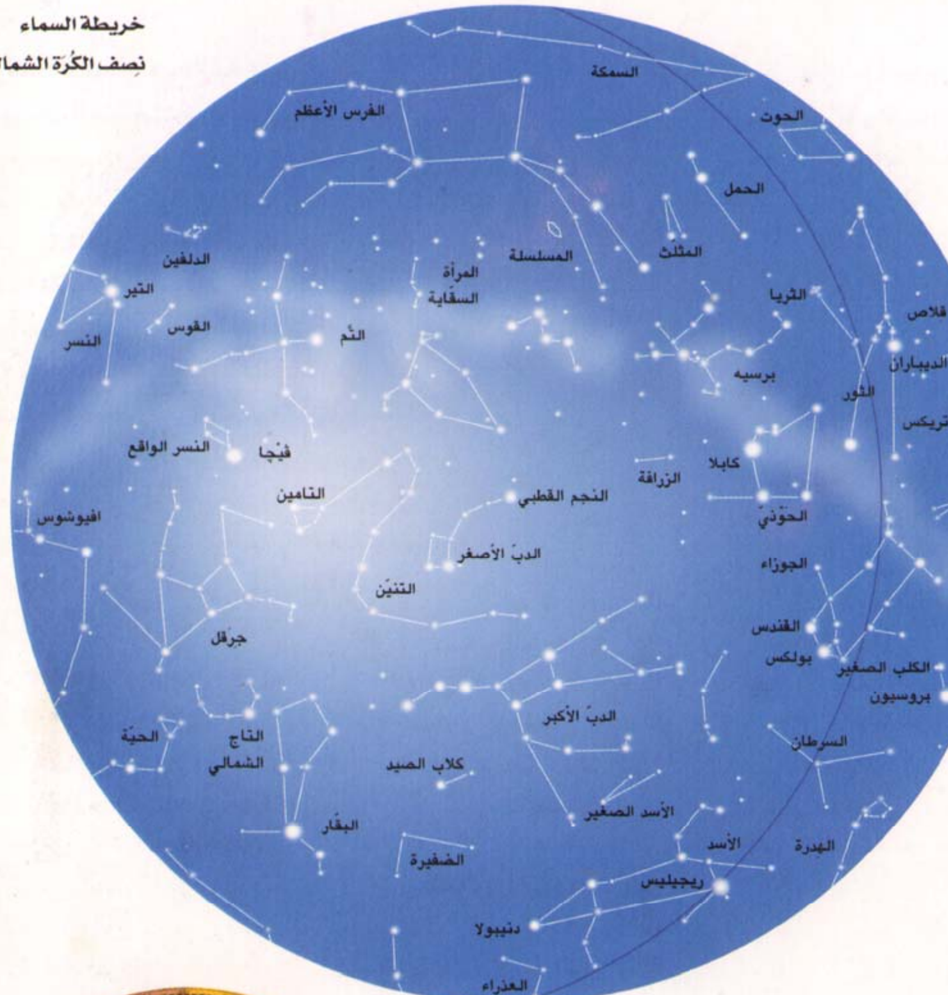




كوكبة الدبّ الأكبر

خريطة السماء

خريطة السماء
نِصف الكُرَة الشمالي





التنّين

اسم هذه الكوكبة يذكّر بالغول الخرافيّ ذي الرؤوس المئة، الذي كان، حسب المعتقدات اليونانيّة القديمة، يحرس التفاحات الذهبيّة في بستان هسبريدس. فقتله هرقل بضربات هراوة، ليستولي على الثمار السحريّة.



الدبّ الأكبر

النجمات السبع الأكثر لمعاناً في الدب الأكبر، والتي ترى في النصف الكرة الشمالي، تكوّن الذيل وجزءاً من جسم الحيوان. فتخيّلها الرومان مقرناً من سبعة ثيران؛ أمّا بالنسبة إلى العرب، فقد كانت نعشاً تتبعهُ ثلاث نادبات (بنات نعش الكبرى).

لموضعة الأجرام السماويّة بصورة أسهل، قَسَّم العلماء السماء إلى 88 كوكبة. تشمل كل واحدة منها تجمّع النجوم المتلألئة الذي أعطاها اسمها، واسم منطقة من السماء محدّدة بدقّة. والأوْسع فيها هي الهِدْرة الأنثى، أمّا الأصغر فهي صليب الجنوب. وتأخذ أكثريّة الكوكبات اسمها من أساطير اليونان القديمة. وعلى المشاهِدِ، في أكثر الأحيان، أن يكون له خيال فائق، ليتبيّن صُوَر الأشخاص أو الحيوانات أو الأشياء التي يُفرَض أنها تمثّلها.



الصورة القديمة للكوكبات (القرن السابع عشر)
نِصف الكُرَة الشمالي



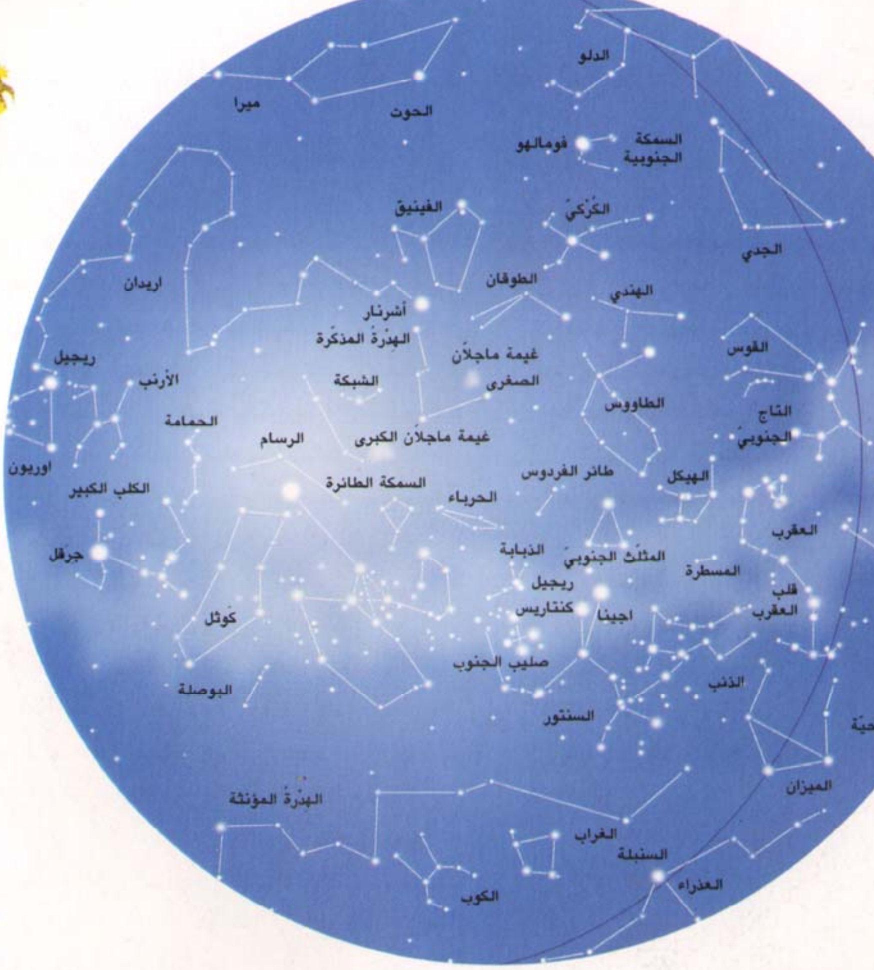
كوكبة صليب الجنوب



السنتور

كان الإغريقيون القدماء يرون في هذه الكوكبة صورة كائن خرافي، نصفه انسان ونصفه حصان، السنتورشيرون. في هذه الكوكبة النجمة الأقرب من النظام الشمسي، الدنيا.

خريطة السماء
نِصف الكُرة الجنوبي





القوس

بالنسبة إلى الأقدمين، هي أيضاً صورة سنتور، ولكنه يحمل قوساً مشدودة وعلى أهبة إطلاق السهم. هذه الكوكبة القائمة في الطريق اللبنيّ تحتوي على عدد كبير من النجوم.

في القديم، كانت النجوم تعيّن انطلاقاً من موقعها في الكوكبة: عين الأسد، كتف اوريون، الخ. ولا يزال اسم النجوم القديم يُسْتَعْمَل: بتلجيز، سيريوس، الخ.

لكنّ الفلكيين يُفضّلون أن يرمزوا إلى النجوم بحرف من حروف الأبجديّة اليونانيّة، متبوعاً بالاختصار الرسمي للاسم اللاتيني للكوكبة التي تنتمي إليها. فالحرف الأوّل من الأبجديّة اليونانيّة، الفا (α)، يشير إلى النجمة الأكثر لمعاناً في الكوكبة؛ أمّا الحرف الثاني، بيتا(β) فيشير إلى الأقل لمعاناً من الأولى، الخ.



نِصف الكُرة الجنوبي



العلم الذي يدرس الأجرام السماويّة هو علم الفلك. والاختصاصيّون في هذا الحقل هم علماء الفلك أو الفلكيون. يستعملون آلات عديدة لالتقاط النور المرئي والإشعاعات غير المرئيّة وتسجيلها وتحليلها.

آلات الفِلاكة

كان الفلكيّون الأوائل يراقبون السماء بالعين المجرّدة. وفي القرن السابع عشر، اختُرِعَت آلات بصريّة: **المنظار والراصدة**. وكان أوّل من استعمل منظاراً لمراقبة السماء هو الإيطالي غليله (1564 - 1642).

أمّا الراصدة الأولى فقد حقّقها عام 1671 الإنكليزي اسحق نيوتن (1642 - 1727).

أمّا في هذه الأيّام، فلا تُراقَب الأجرام السماويّة، في أكثر الأحيان، مباشرةً، ولكنْ، تحلل، بواسطة الحاسوب، الصور التي تعطيها الآلات.

تصوير النجوم

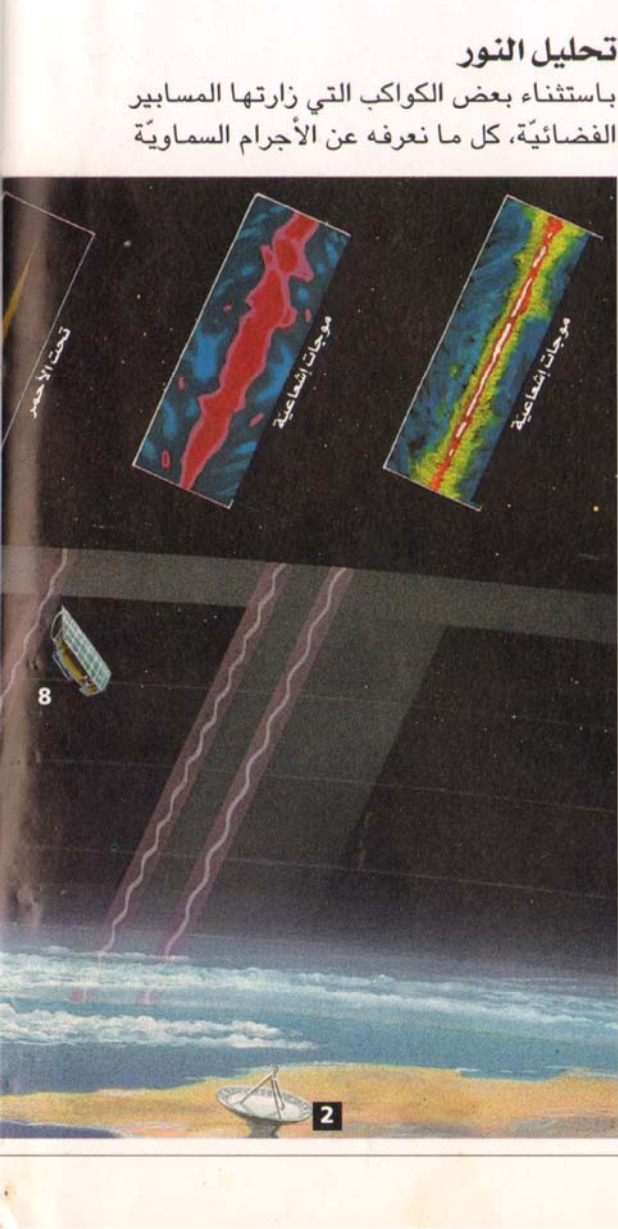
يُستعمل التصوير الشمسي منذ أواخر القرن التاسع عشر. له ميزة كبيرة تفتقر إليها العين: إنّ اللوحة التصويريّة تُكدّس شيئاً فشيئاً الأنوار التي تلتقطها. وإذا تم التعريض للنور لساعات طويلة، أصبح بالإمكان تصوير أجرام سماويّة ضعيفة الإضاءة. ولكنّ اللوحة التصويريّة لا تسجّل إلاّ نسبة ضئيلة من الأنوار التي تضيئها. لذلك، يُفضّل عليها اليوم الآلات الألكترونيّة الأكثر حساسيّة. وتظهر الصورة على شاشة تلفزيون مركّزة بالقرب من الراصدة أو على بعد آلاف الكيلومترات.

الإشعاعات السماويّة

إن العين والآلات البصريّة (المنظار والراصدة) حسّاسة بالنسبة إلى النور. ولكنّ الأجرام السماويّة أيضاً تبث إشعاعات لا مرئيّة: موجات إشعاعيّة، تحت الحمراء، فوق البنفسجيّة، أشعة إكس وأشعة غما. والأجرام الأكثر برودة تبث، بنوع خاص، إشعاعاً تحت الأحمر؛ أمّا الأكثر حرارةً فهي مصادر قويّة لأشعّة إكس والفَوْق بنفسجيّة. ولالتقاط هذه الإشعاعات غير المرئيّة، تستعمَل راصدات خاصّة. وتلتَقط الموجات الإشعاعيّة على الأرض بواسطة **مِقْراب لاسلكي**. أمّا الإشعاعات الأخرى فيوقفها **الجو** إلى حدٍّ ما. ولبلوغها يجب الارتفاع عن الثرى. لذلك تُرسَلُ آلات إلى الفضاء على **أقمار صناعيّة**. ولقربها من الأرض تدرَس الكواكب التي تدور حول الشمس وكذلك القمر مباشرةً بواسطة **مسابير فضائيّة**.

تحليل النور

باستثناء بعض الكواكب التي زارتها المسابير الفضائيّة، كل ما نعرفه عن الأجرام السماويّة



- **جسميّة**: مرآة أساسيّة في راصدة، أو عدسة أساسيّة في منظار يتلقّى الأضواء من أجرام مُراقبَة.
- **جوّ**: طبقة من الغاز تحيط ببعض الأجرام السماويّة، ولا سيّما الأرض.
- **راصدة**: آلة بصريّة مكوّنة من مجموعة من المرايا لرصد الأجرام السماويّة.
- **طَيْف**: صورة يُحصل عليها بتفكيك شعاع مركّب إلى مختلف اشعاعاته. وهكذا عندما يخترق النور منشوراً يتفكك إلى شريط من ألوان قوس قزح.
- **عينيّة**: نظام بصريّ موضوع على منظار أو على راصدة، من جهة عين المراقب، يتيح رؤية الصورة التي تعطيها الجسميّة مكبّرةً.
- **قمر صناعي**: جسم يدور حول كوكب.
- **مِسبار فضائي**: جهاز فضائي غير مسكون، مُعدّ لاستكشاف بعض الأجرام من النظام الشمسي.



- **مقراب لاسلكي**: آلة لالتقاط الموجات الإشعاعيّة التي تبثّها الأجرام السماويّة.
- **منظار**: آلة بصريّة قوامها مجموعة من العدسات الزجاجيّة. تتيح مراقبة الأجسام البعيدة، كالأجرام السماويّة.



المجرة م 31 من المرأة المسلسلة

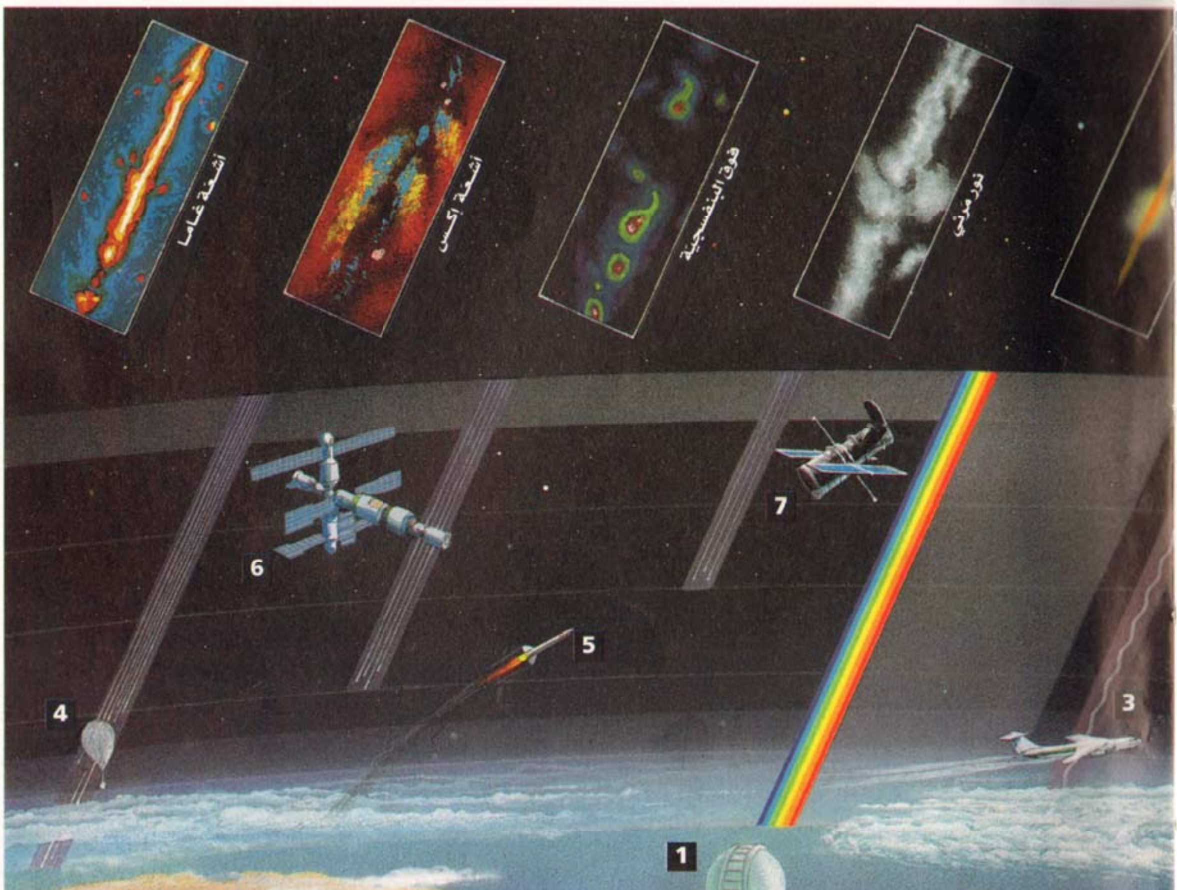
مردُّهُ إلى دراسة النور والإشعاعات غير المرئية التي نتلقاها منها.

أوجَد الفلكيون آلات متطوّرة أصبح بِفضلها تحليل النور ممكناً. فالمطياف، مثلاً، يتيح دراسة النور الذي تبثّه النجوم أو تعكسه الكواكب. وعندما يمرّ النور عبر مطياف، يتكوّن شريط من ألوان قوس الغمام، مُضلّع بخطوط مُشرقة أو مظلمة، تسمّى **طيف الجسم**. يستعمل الفلكيّون أيضاً مقاييس للطيف حتى يصوّروا تصويراً شمسيًّا أطياف الأجرام التي يراقبونها.

ويتيح المِضواء قياس فو[illegible] من الأجرام واستنتاج حرارتها.

الإشعاعات السماويّة المختلفة

إنّ الراصدات البصريّة (1) تتيح التقاط نور الأجرام المرئيّ. ولدراسة الإشعاعات غير المنظورة (موجات إشعاعيّة، تحت الحمراء، الفوق البنفسجيّة، أشعة إكس وأشعة غاما) تُستعمل أجهزة أخرى: المقاريب اللاسلكيّة (2) على الأرض؛ الطائرات (3) في الجو وكذلك **المناطيد** (4) والصواريخ السابرة (5)؛ أمّا في الفضاء فتُستعمَل الأقمار الصناعيّة (6, 7, 8).



ثلاثة مشاهد للمرأة المسلسلة

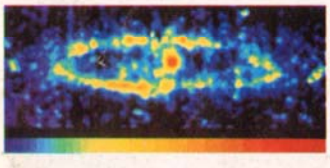
المجرة م31 من المرأة المسلسلة قد رُصِدت تحت أشعّة مختلفة.



في النور المرئيّ، ومن خلال راصدة، يُشاهد تركيبتها بمليارات النجوم الموزّعة في سواعد تلتفّ بشكل حلزونيّ حول محور متلألىء.



الأشعة تحت الحمراء تُظهر بوضوح المناطق الغنيّة بالغبار

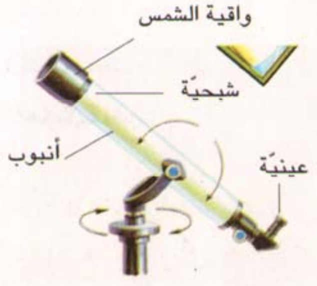


بفضل الموجات الإشعاعيّة، يتبيّن وجود الغاز بين النجوم. وعلى مسافة تفوق المليوني سنة ضوئيّة، تكون هذه المجرّة من الأقرب إلى كوكبنا وواحدة من أشهرها.



مرصد موناكيا في هاواي

رصد الأرض



منظار صغير

في منظار صغير، تتألف الشبحيّة من عدسة أو من مجموعة عدسات. ويخترق نور الأجرام هذه العدسة ويكوّن صورة تكبّرها العينيّة. ولرؤية الصورة الناتجة عن كل ذلك، يكفي النظر من خلال العينيّة.



راصدة صغيرة

في راصدة ما، تتكوّن الشبحيّة من مرآة مقوّسة تعكس النور. وتتجمّع الأشعّة الضوئيّة على مرآة ثانويّة لتكوّن صورة. وعلى أنبوب الراصدة يُركّز باحث وهو منظار صغير يتيح توجيه الراصدة بصورة أسهل.

لالتقاط نور الأجرام، يُستعمل، أساساً، نوعان من الأجهزة: المنظار والراصدة. ولكنّ الأجرام لا تبثّ النور فقط، بل هي مصادر لموجات إشعاعيّة أيضاً. ويمكن أنْ تلتقط هذه الأخيرة بواسطة مقراب لاسلكي.

المناظير والراصدات

يحتوي **المنظار والراصدة** على أنبوب فيه جهاز بصريّ يُسمّى **الشبحيّة** ويُوجَّه إلى السماء. هذا الجهاز يلتقط نور الأجرام المُوجَّه إليها ويحوّله إلى صورة. تختلف الشبحيّة باختلاف الآلات: فشبحيّة المنظار مكوّنة من عَدَسة زجاجيّة، أمّا شبحيّة الراصدة فهي مرآة تنعكس عليها الأشعّة الضوئيّة. وبوضع العين وراء عدسة تُسمّى **العينيّة**، يمكن أنْ تُرى الصورة المرتسمة. وبالإمكان أيضاً تصويرها تصويراً شمسيًّا، أو تسجيلها وتحليلها بواسطة آلات ألكترونيّة.

التجهيزات المختلفة

بغية التوجّه نحو جزء السماء المَنْوي رصده، يُرفَق المنظار والراصدة بتجهيزة تتيح لهما الدوران حول محورين متعامدين. وهناك نوعان من التجهيزات:

في التجهيزة الاستوائيّة، يكون أحد المحورين موازياً لمحور القطبين، والآخر لخط الاستواء. وبفضل محرّك مخصّص، يمكن المحافظة على الآلة مُوجَّهةً نحو الجرم الذي يُدرَس طوال الوقت اللازم، وكأنّ الأرض لا تدور. أمّا في التجهيزة السمتيّة فتدور الآلة حول محور أفقي ومحور عموديّ. يُستعمل هذا الوضع الأسهل للآلات الصغيرة، ويميل الفلكيون إلى استعماله للراصدات الضخمة. في هذه الحال، تُحافِظ على وجهة الآلة نحو الجرم المرصود ناظمة آليّة.

راصدات عملاقة

إن النتائج التي تُعطيها آلة فلكية تتوقف على حجم شبحيَّتها: فتتحسّن النتائج بمقدار ما تكبر الشبحيّة. فكلّما اتسعت مساحة الشبحيّة، ازداد النور الذي تجمعه، وهذا ما يتيحُ لها التقاط إشعاع الأجسام الخفيفة الضوء (كالأجرام البعيدة)؛ بالإضافة إلى أنّ الشبحيّة ذات القطر الكبير تتيح فصل نقطتين مضاءتين متجاورتين، وإعطاء المزيد من التفاصيل.

فالفلكيّون يستعملون، إذاً، الراصدات المزوّدة



الراصدة كيك 1، في هاواي، هي أكبر راصدة في العالم.



المقاريب اللاسلكيّة ت.و.ج (VLA) في الولايات المتحدة

بمرايا هائلة. وتركّز هذه الأخيرة على مواقع عالية، كقمة موناكيا، في هاواي، على ارتفاع يزيد على 000 4 م.

المقاريب اللاسلكيّة

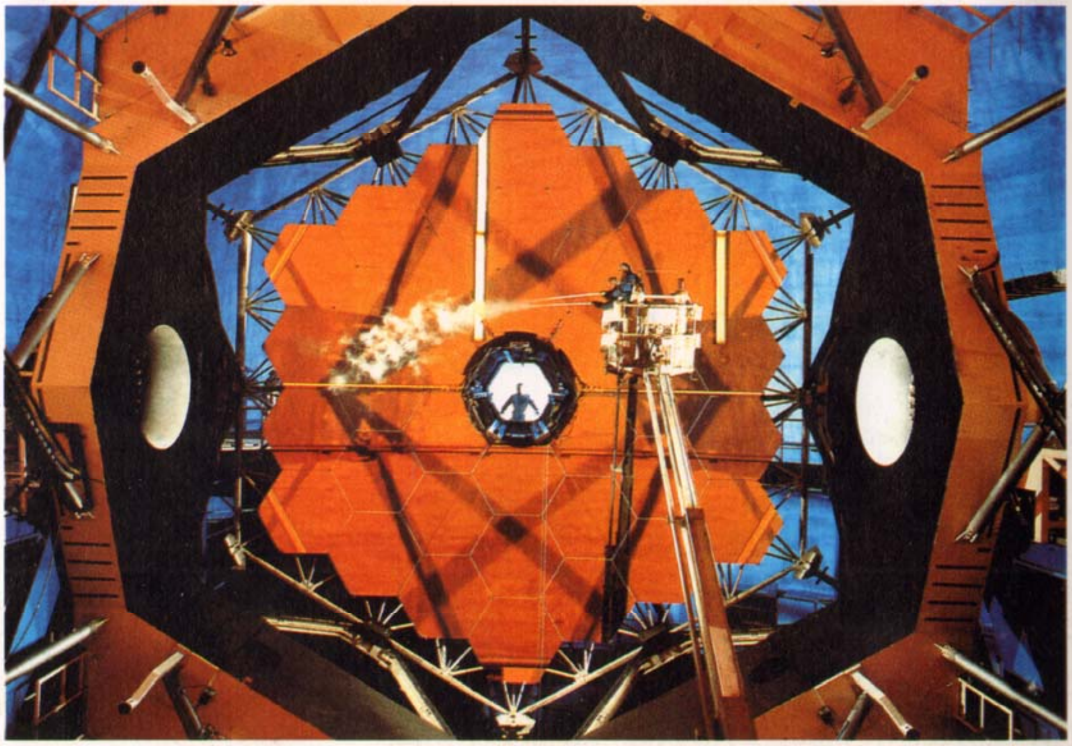
يدرس علم الفلك الإشعاعيّ الموجات الإشعاعية التي تبثّها الأجرام. وتُلْتَقَط هذه الموجات على الأرض بواسطة راصدات خاصّة تُسمّى المقاريب اللاسلكيّة. لا تعود المرآة قطعة بصريّة بل تُصبح مُسطّحا معدنيًّا بقياسات أكبر (ويبلغ قطره بسهولة من 10 إلى 25 م). ودفق الموجات الإشعاعيّة المُلتَقَط هو من الضعف بحيث يتوجّب تضخيمه قبل تسجيله ودراسته.

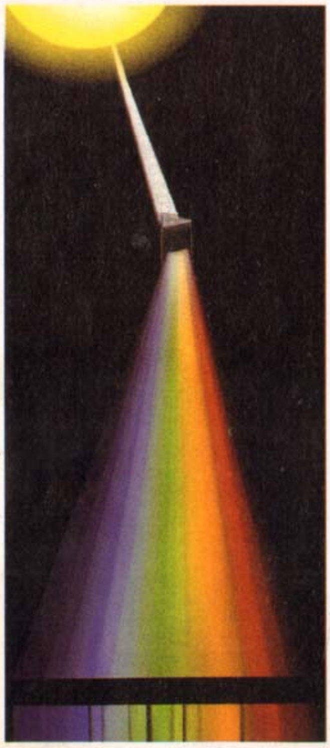
وكما، في البصريّات، الآلات المُجلّية الفعّالة، هي التي أكثر من سواها تكون مساحتها الجامعة أكبر. يستحيل، طبعاً، إنشاء مقاريب لاسلكيّة هائلة تغطّي كيلومترات مربّعة. ولكنْ، يمكن بلوغ نتائج حسنة بتشغيل عدة آلات تقوم الواحدة على مسافة من الأخرى فتشتغل معاً. هذه هي حال المقاريب اللاسلكيّة ت. و. ج (ترتيب واسع جدًّا) في الولايات المتّحدة (مكسيكو الجديدة). ويمكن، أيضاً، ربْط هوائيات تبعد مئات أو آلاف الكيلومترات بعضها عن بعض: فلا تعمل معاً في الوقت نفسه، ولكنْ، تُسجَّل، على أشرطة مغنطيسيّة، الإشارات التي ترسلها، ثم تُمزَجُ، في ما بعد. وهذه هي تِقْنيّة القياس بواسطة التداخل الضوئي. □

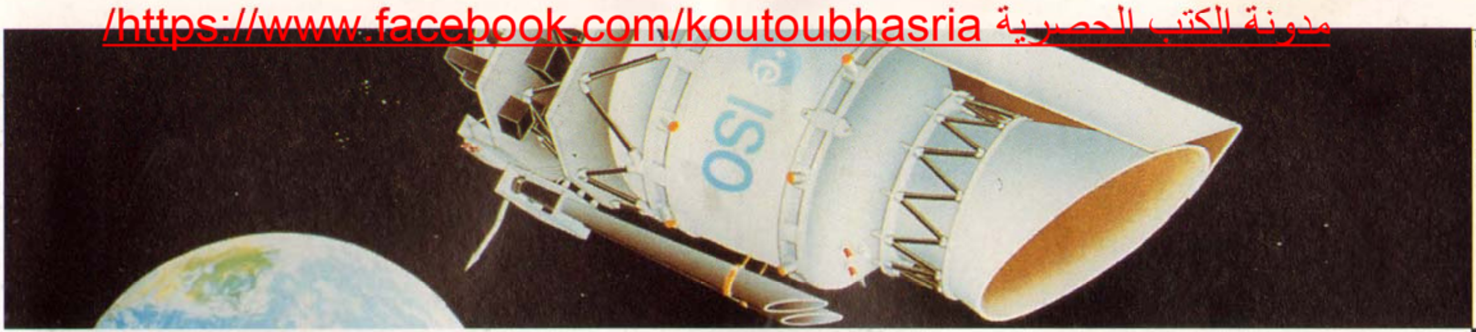
تحليل النور

عندما يجتاز نور جرم منشوراً زجاجيًا، يتحلّل إلى شريط من أنوار قوس قُزَح، الطيف. وبصورة عامّة، تقطع هذا الشريط الملوّن خطوط مُظلمة. هذه الخطوط تدلّ على العناصر الكيميائيّة التي امتصّت النور وهو في طريقه. ولا يدلُّ طيف جرم ما على تركيبه الكيميائي وحسْب، بل على حرارته وتحركه بالنسبة إلى الأرض، الخ.

مرآة الراصدة كيك 1 تعادل مرآة قطرها 10 أمتار







القمر الصناعيّ آي إس أو (ISO)

الفِــلاكــة الفضـائـيـّة



صاروخ - مِسبار

عمليّات المراقبة بواسطة الصواريخ المسباريّة لا تدوم إلاّ بضع دقائق، قبل هبوط الصاروخ - ويُسترد العتاد العلميّ بواسطة مظلّة.

بعض الإشعاعات التي تبثّها الأجرام لا تصل إلى الأرض لأنّ جوّ الأرض يوقفها. لذلك يُرسلون راصدات إلى الجوّ (بطائرة أو بمنطاد أو بصاروخ) وإلى الفضاء (بقمر صناعي) لالتقاطها. والمسابير الفضائية التي تُطلَق باتجاه أجرام مجاورة تتيح أنواعاً أخرى من الرصد.

طائرات ومناطيد وصواريخ

إنّ المرتفعات التي تصل إليها الطائرات كافية لاجتناب طبقات الجوّ حيث تكون أكثريّة النجوم. وتحمل الغيوم بخار ماء يمتص الإشعاع تحت الأحمر الذي تبثه الأجرام. أمّا المناطيد فترتفع إلى 30 أو 40 كلم وتُستعمل لدراسة الأجرام التي تبث الإشعاع غاما أو الإشعاع تحت الأحمر. أمّا الصواريخ - المسابير فيصل إرتفاعها الى عدة مئات من الكيلومترات، وتلتقط الأشعة إكس أو الأشعّة الفوق بنفسجيّة التي تبثها الأجرام.



مِنطاد

قبل الانفجار، تنقل المناطيد لمدة عدة أيام، لا بل عدة أسابيع، سلّة فيها أدوات علميّة.

المراصد الفضائية

للقيام بعمليّات رصد طويلة المدى فوق الجوّ، تُستقمَر راصدات حول الأرض: ويتيح لها ارتفاعها التقاط كل الإشعاعات التي تبثّها الأجرام، وبإمكانها أن تعمل، دون توقف، لمدّة سنوات. منذ الستّينات، وضع الفلكيون في المدار عشرات الأقمار الصناعيّة. والأكثر تطوراً من بينها هي مراصد فضائيّة يتحكمون بها وهم على الأرض. ويوجّهها الفلكيون نحو الأجرام التي يبغون دراستها دون زيادة في الصعوبة التي يتعاملون بها مع الراصدات القائمة على الأرض. وكل نوع من الإشعاع يلائمه نوع خاص من الراصدات.

وهكذا يجب أن تُبرّد الراصدات العاملة في الإشعاع تحت الأحمر حتّى درجة من الحرارة منخفضة جدا، وتلك التي تعمل في الإشعاع فوْق البنفسجي، كالراصدة آي يو إي (IUE)، يجب أن تزوّد بمرآة لا زجاجية بل من صوّان؛ أمّا تلك التي تعنى بالتقاط أشعة إكس أو أشعّة غاما فهي كاشفات تعمل على الذرّة.



القمر الصناعي أي يو إي (IUE)

الراصدة الفضائيّة هبل

إنّ أكبر راصدة فضائيّة أُطلِقَتْ إلى الفضاء حتى الآن هي الراصدة هَبل. وهي ثمرة تعاون بين الولايات المتّحدة وأوروبا، وُضِعت عام 1990 في المدار، على ارتفاع 600 كلم على المكوك الفضائيّ الأميركيّ. طولها 13م وتزن أكثر من 11 طنًّا وتشتمل على مرآة قطرها 2,4م. وبعد وضعها في المدار، لاحظ العلماء أنّ الصورة المرتسمة ضبابيّة، لأنّ مرآتها الكبيرة ولم تكن مقدودة بدقّة: فقد كانت الجوانب تبتعد بجزأين من الألف من المليمتر عن الشكل المثالي. وكانت هذه الشائبة تشوب نتائج الراصدة لمدّة ثلاث سنوات ونصف. ولم يكن بالإمكان استثمار الصور المعطاة إلا بواسطة حاسوب غالي الثمن وطويل. ولحسن الحظ، كانت الآلة مُعدّة لأن تُصلح في الفضاء أو على الأرض، إذا اقتضى الأمر. ففي كانون الأول (ديسمبر) عام 1993، استردّها الروّاد في الفضاء وأصلحوها على متن المكوك الفضائي: فقد كانت مزوّدة جهازا بصريًّا تصحيحيًّا (وهو يعادل النظارات التي يحملها قصير البصر). وقد

المرصد كيبر آربورن

هو طيّارة 141 - C حوّلتها نازا، في الولايات المتحدة إلى مرصد طائر.



يطير على ارتفاع 000 12م ويتيح رصد المصادر السماويّة للإشعاع تحت الأحمر. وبفضله، عام 1977، اكتشِفَت حلقات من المادّة تحيط بالكوكب ايرانوس.

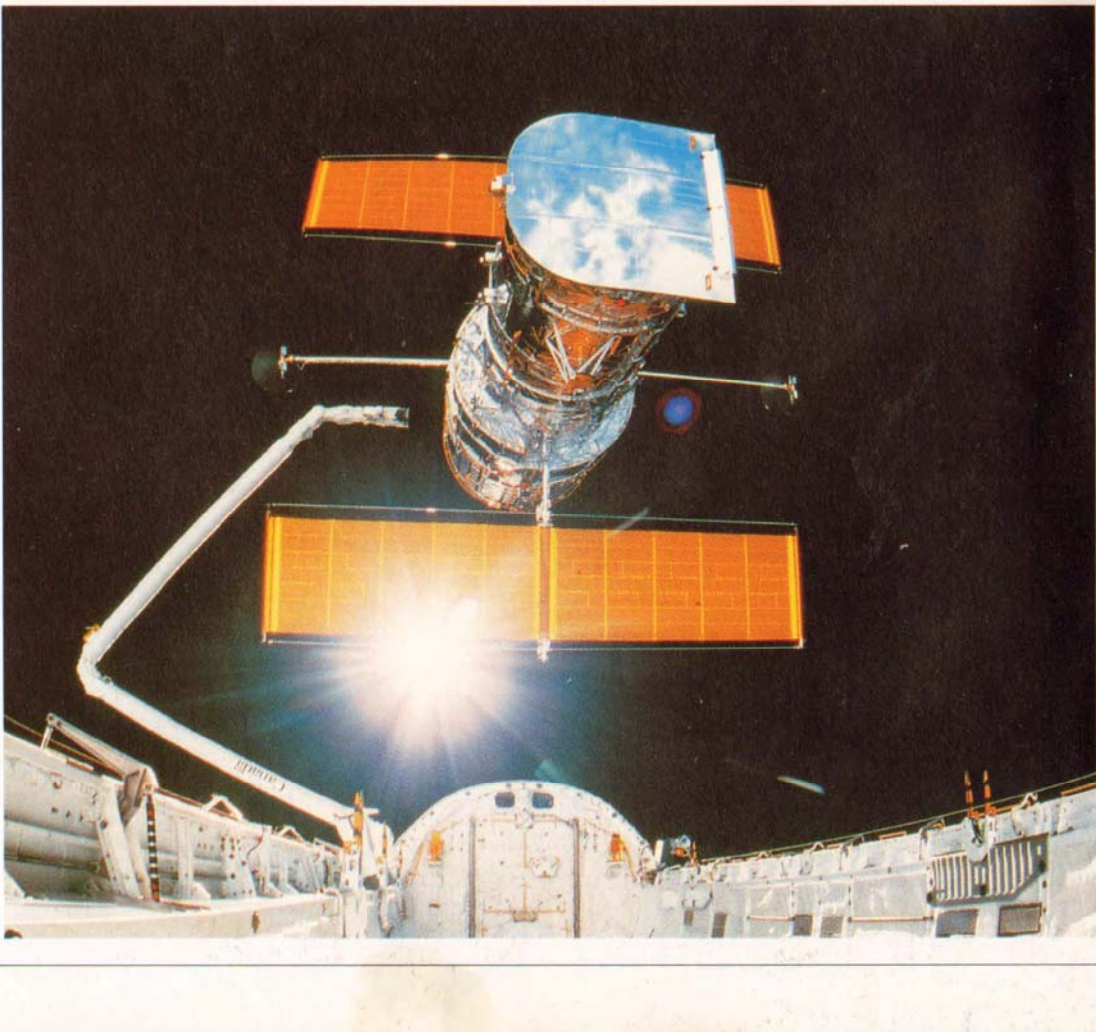

المسبار فوياجر 2 فوق زُحل

زُوِّدت أيضاً بلوحات شمسيّة جديدة (لإنتاج الكهرباء اللازمة لتشغيلها). وكاميرا جديدة ذات حقل كبير. ومنذ ذلك التاريخ، أصبحت نتائجها تفوق كل الآمال. وقد أعيد إصلاحها، في الفضاء في شباط (فبراير) عام 1997.

المسابير الفضائيّة

إلى جانب أعمال الرصد انطلاقاً من الأقمار الصناعيّة التي تدور حول الأرض، هنالك أعمال انطلاقاً من المسابير الفضائيّة التي تُطلق باتجاه أجرام مجاورة. وبعض هذه المسابير، كالأميركيّة فويّاجر، لا تقوم إلاّ بتحليق فوق الجرم المقصود، وتكتفي باستكشاف سريع.
وبعضها الآخر يوضع في المدار حول الجرم الذي يُدرَس، ويتيح أعمال رصد أكثر تفصيلاً: هذا ما فعلته المسابير الأميركية لونار أوربيتر حول القمر.
ومنها أيضاً مسابير، كمسابير الاتحاد السوفياتي السابق فينيرا على الزُّهرَة، تحطّ على الجرم، وهي مجهّزة لأخذ نماذج من الثرى ودراستها.

الراصدة الفلكيّة هَبل وقد أُخرِجَت من المكوك الأميركي لتوضَع في المدار في 25 نيسان (أبريل) 1990



القمر الصناعيّ كومبتون

كومبتون هو ثاني أكبر المراصد الفضائية لدى نازا، بعد الراصدة الفضائية هبل. يزن أكثر من 16 طناً، ويفوق هبل بـ 5 أطنان تقريباً، وكان يُمثّل، يوم وُضعَ في مداره، أكبر قمر صناعي أُطلق إلى الفضاء. وهو مزوّد بأربعة كواشف قويّة لأشعة غاما، فيرصد الأحداث الأعنف في الكون، والأجرام التي تبث الكثير من الطاقة.



القمر الصناعيّ كومبتون وقد أُخرج هنا من المكوك الأميركيّ ليوضع في المدار، في 7 نيسان (ابريل) 1991 وتمّ الإنزال على مسافة 450 كلم عن الأرض. سُمّي في بداية الأمر م. ا. غ. (مرصد إشعاع غاما). ثم تغيّر اسمه بعدما وُضع في المدار ليحمل اسم الفيزيائي الأميركيّ كومبتون.



النظــــــام



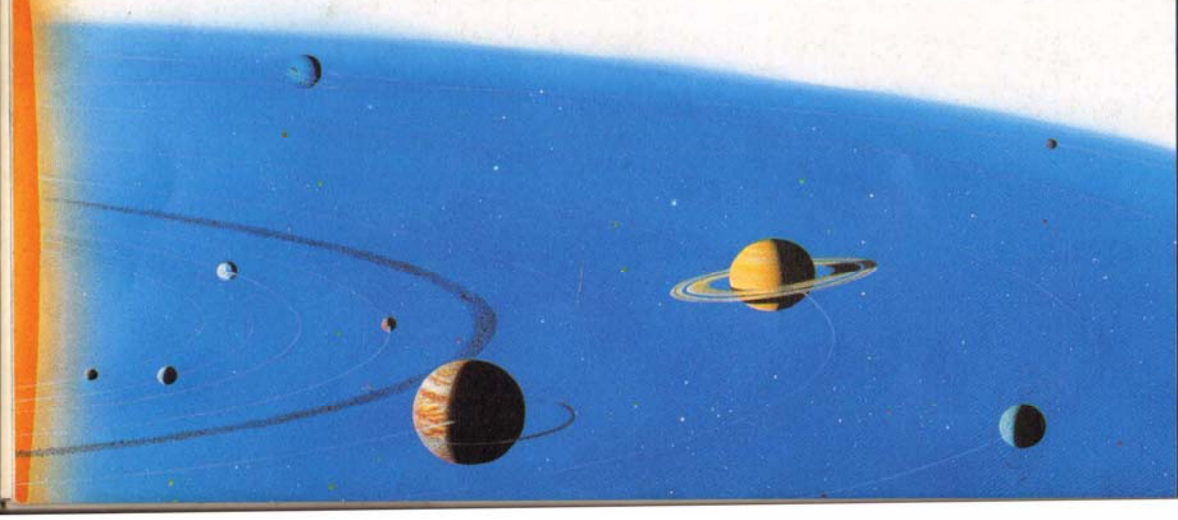






الشـــــمســـــي







الشمس، هي بالنسبة إلينا، أهم الأجرام على الإطلاق. فهي، في الواقع، النجمة الأقرب إلى الأرض. تؤلّف، مع مجموعة الأجسام السماويّة المرتبطة بها، النظام الشمسي الذي يؤلّف كوكبنا جزءاً منه.

إمبراطوريّة الشمس

إنّ المنطقة من الكون حيث توجد الأرض هي مرتبطة بالشمس. لذلك تُسمّى **النظام الشمسيّ**. وهذا النظام يشتمل على كواكب ومذنبات وأحجار نيزكيّة وغبار.

الكواكب والنيازك

إنّ أهم الأجسام السماويّة في النظام الشمسيّ هي تلك التي تدور، مثل الأرض، حول الشمس وتعكس نورها: وهي تُسمّى **كواكب**. إنّ الكواكب التسعة الأضخم هي ابتداءً بالأقرب من الشمس وانتهاءً بالأبعد: عُطارد، الزُهَرة، جوبيتر، الأرض، المرّيخ، زحَل، أورانوس، نبتون وبلوتون.

وترى خمسة منها بالعين المجرّدة، ولذلك عُرفت منذ العصور القديمة وهي: عُطارد والزُهَرَة والمرّيخ وجوبيتر وزحَل.

هناك، إلى جانب هذه الكواكب الأساسيّة التسعة، عددٌ كبير من الكواكب الصغيرة التي تُسمّى **نيازك**، يتمركز معظمها بين مدارَي المرّيخ وجوبيتر.

يبلغ قُطر النيزك الأضخم، سيرس، نحو 1 000 كلم. أمّا قُطر الصغيرة منها فلا يتجاوز بضع مئات من الأمتار.

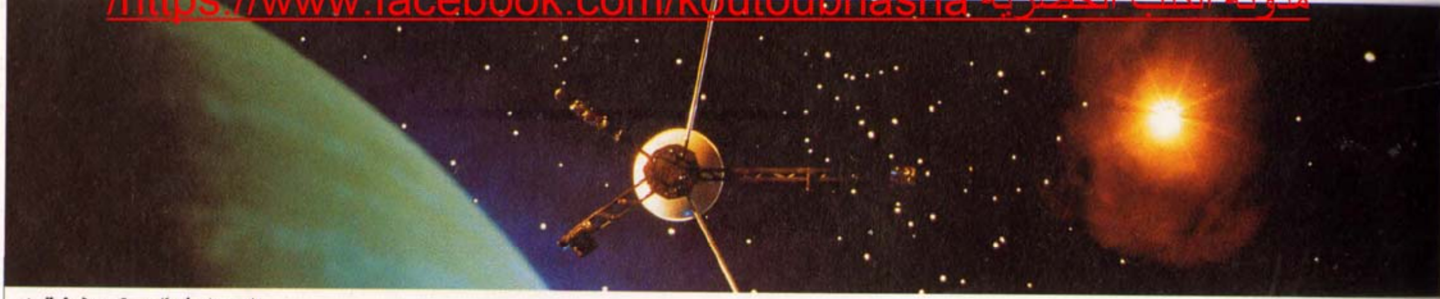
تؤثّر الشمس على الكواكب بجاذبيّة قويّة جدًّا لأنها، تقريباً، أثقل ألف مرّة من كل الكواكب مجتمعة.

كواكب تابعة ومذنّبات وأحجار نيزكيّة

الكواكب الأضخم بين سواها، هي نفسها مُحاطة بكواكب تابعة لها: هذه هي حال الأرض والكوكب التابع لها أي القمر. يشتمل النظام الشمسيّ أيضاً على **مذنّبات**، وهي أجرام صغيرة



- **حجر نيزكي:** جسم صلب يأتي من الفضاء البَيْنسيّاري ويقع على سطح كوكب.
- **شمس:** نجمة تدور حولها الأرض وسائر كواكب النظام الشمسيّ.
- **قزمة بيضاء:** نجمة صغيرة شديدة الكثافة، قليلة الإضاءة، تمثّل آخر مرحلة من مراحل تطوّر نجمة مثل الشمس.
- **كوكب:** جسم سماويّ لا ينير بذاته، يدور حول الشمس.
- **كوكب تابع:** جسم يدور حول كوكب.
- **مدار:** خط مُنحنٍ مُغلق يرسمه جسم في الفضاء، حول جسم آخر أشدّ كثافة.
- **مُذنَّب:** جرم صغير مكوّن من صخور ومن جليد، تنبثق منه كميّات كبيرة من الغاز والغبار، ويصبح نيّراً عندما يقترب من الشمس.
- **نجمــة:** جرم غازيّ شديد الحرارة يُنتج نوراً ويبثّه.
- **نظام شمسيّ:** منطقة من الفضاء مرتبطة بالشمس؛ مجموعة الأجرام التي تحتوي عليها (ولا سيّما الشمس والكواكب مصحوبة بالكواكب التابعة لها).
- **نَيْزك:** كوكب صغير لا تتجاوز قياساته بضع مئات من الكيلومترات.



المِسبار فوياجر 2 حول نبتون

مكوّنة من صخور ومن جليد، تبعث، عندما تقترب من الشمس، كميات هائلة من الغاز ومن الغبار.

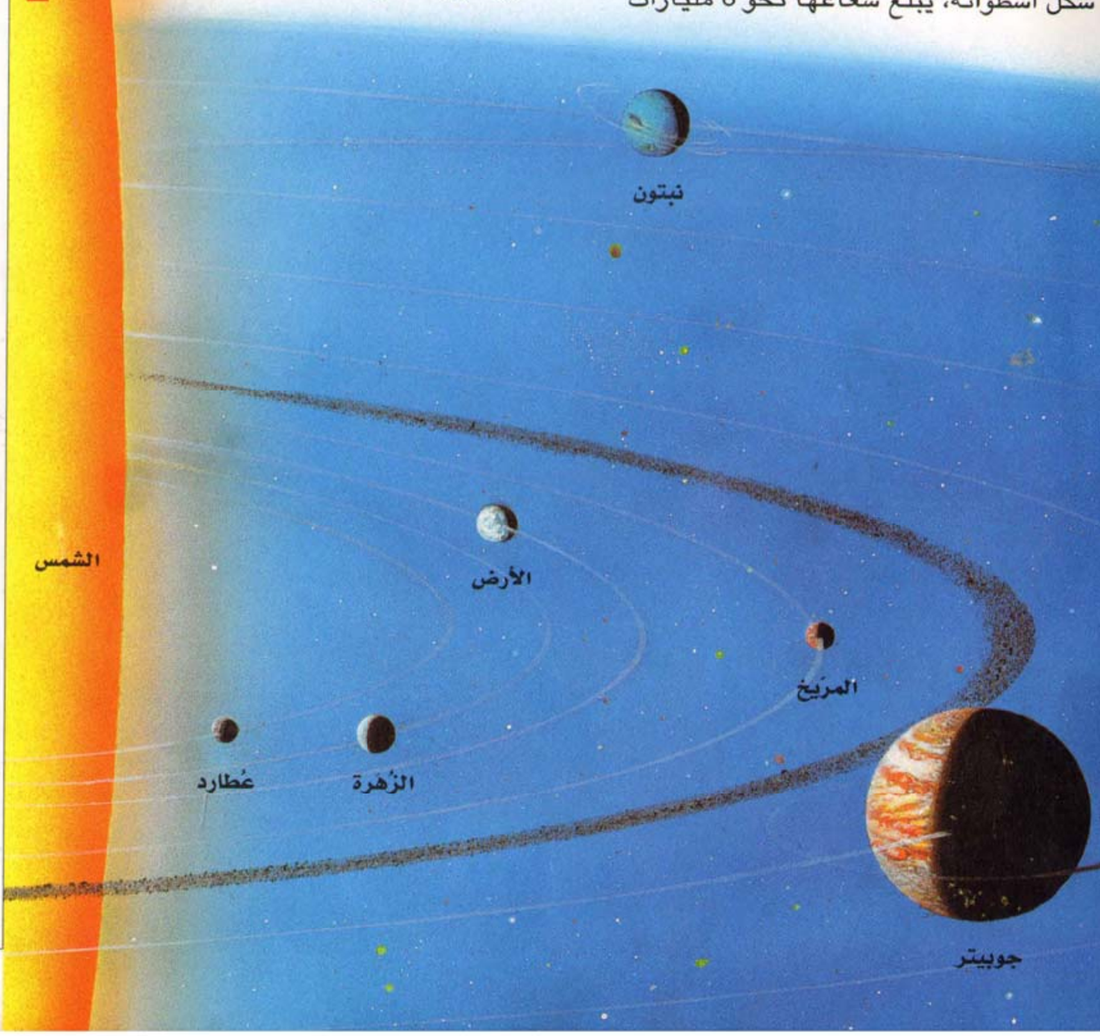
أخيراً إنّ الاصطدامات بين النيازك وتجزّؤ المذنّبات التي تقترب من الشمس أو من الكواكب الضخمة، تولّدُ حطاماً على شيء من الأهمية. ويتنقّل هذا الحطام في الفضاء البَيْسيّاري وينتهي بالوقوع على الكواكب أو على توابعها: فيأخذ عندئذ اسم أحجار نيزكيّة.

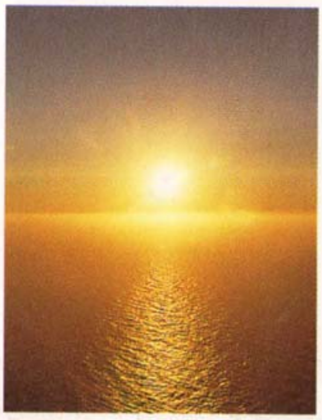
قياسات النظام الشمسيّ

تتوزع الكواكب حول الشمس في منطقة لها شكل أسطوانة، يبلغ شعاعها نحو 6 مليارات من الكيلومترات، ويقطعها نور الشمس بستّ ساعات. وبالرغم من أنه يبدو شاسعاً جدًّا بمقياس الكون أو العالم بأجمعه، فهذا النظام الشمسي هو، في الواقع، صغير جدًّا. فلنفترض أنّنا اختصرنا الشمس بحجم ليمونة، ولو فعلنا ذلك، لأصبح بلوتون، بهذا المقياس، رأس دبّوس يدور على مسافة 400 متر من الليمونة، ولأصْبَحَت أقرب نجمة من الشمس على مسافة 3 000 كلم من الليمونة!! □

النظام الشمسيّ

يشتمل على تسعة كواكب أساسية وآلاف النيازك التي تدور حول الشمس.





الشمس مرئيّة من الأرض

على بُعد نحو 150 مليون كيلومتر، تبدو لنا الشمس كأسطوانة باهرة. يصل إلينا نورها بثماني دقائق. وهي تحجب نور سائر الأجرام السماويّة. يُعطي جوُّ الأرض السماءَ، عندما تعبره أشعة الشمس المنيرة، لونها الأزرق الجميل.



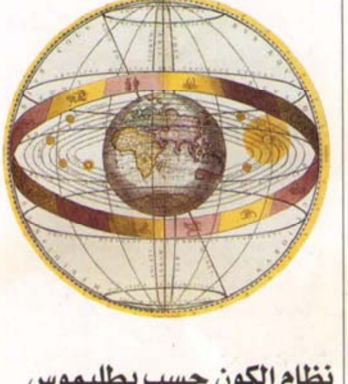
الشمس مرئيّة من بلوتون

على مسافة أكبر 40 مرّة، تقريباً، من المسافة التي تفصلها عن الأرض، لا تبدو الشمس من بلوتون، إلاّ كنجمة متألّقة متبوئة سماء دائمة السواد.



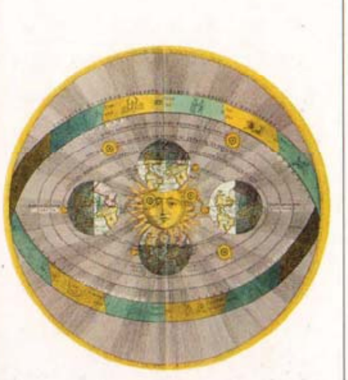
سطح عُطارد

تــاريخ الـنـظام الشـمسيّ



نظام الكون حسب بطليموس

لمدة قرون، كان الاعتقاد السائد هو أنّ الأرض ثابتة في مركز الكون، وأنّ الشمس والكواكب تدور حولها. هذا هو نظام الكون كما وصفه العالم اليونانيّ بطليموس، من القرن الميلادي الثاني.



نظام كوبرنيك الشمسيّ

في القرن السادس عشر، أكّد الفلكي البولوني نيقولا كوبرنيك أنّ الأرض وسائر الكواكب تدور حول الشمس. وبعد اختراع المنظار، في القرن التالي، تثبّت العلماء من أنّه كان على حق.

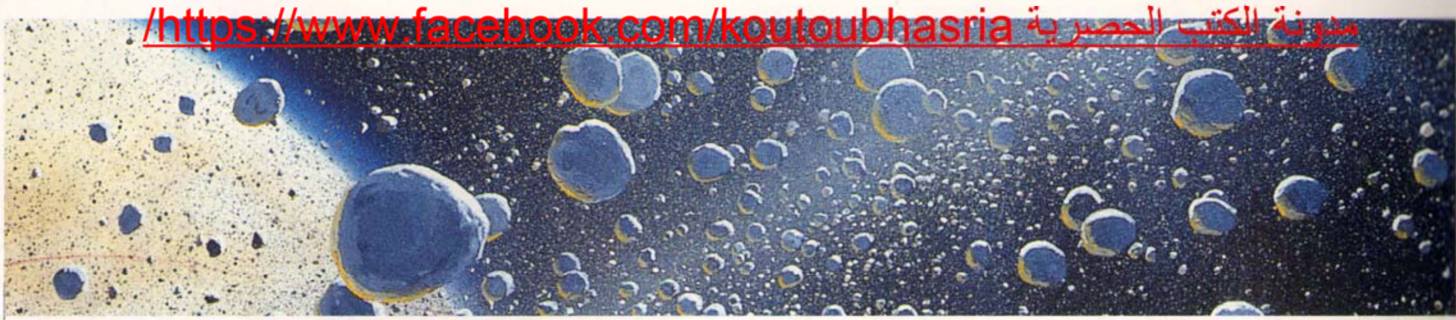
لكثرة دراسة الكواكب والنجوم، استطاع الفلكيون إعادة تركيب تاريخ النظام الشمسيّ وتوقّعات مستقبله.

تكَوُّن النظام الشمسي

تكوّنت الشمس انطلاقاً من غيمة هائلة من الغاز والغبار. ولأسباب لا تزال مجهولة حتى الآن، قد تكون هذه الغيمة، على أثر الاضطراب الناتج من انفجار نجمة ضخمة شديدة القرب، قد بدأت تنهار بتأثير وزنها، وتدور على نفسها. واتخذت، شيئاً فشيئاً شكل أسطوانة أشدّ حرارة وكثافة في مركزها منها على محيطها. ثمّ بلغت المادّة، في وسط الأسطوانة، من الحرارة والكثافة ما جعل الشمس تبدأ بالتلألؤ: وكان هذا من 4,6 مليارات سنة.

في الغيمة الهائلة من الغاز والغبار، تكوّنت ذرّات صلبة، شيئاً فشيئاً، في أقلّ من 100 مليون سنة، لتكوّن الكواكب. وبالقرب من الشمس، حيث كانت الحرارة في أوْجها، وُلِدت الكواكب من التقاء كتل صخريّة هي: عُطارد، الزُّهرة، الأرض، والمريخ. أمّا في المناطق الخارجيّة الأبرد فقد امتزجت الصخور وأكوام الجليد لتؤلف قلب الكواكب الضخمة. وهذه الكواكب جذبت كميّات هائلة من الغاز المنبعث من الغيمة التي انبثقت منها: وهذه هي حال جوبيتر وزحل وأورانوس ونبتون.





حلقات زُحَل

مستقبل النظام الشمسيّ

النظام الشمسي مدعو إلى الزوال. فالشمس، في الواقع، منذ أن بدأت بالتألّق، تستمدّ طاقتها (نورها وحرارتها) من تفاعلات نوويّة تحوّل غازها (الهيدروجين) إلى غاز أثقل بقليل، هو الهليوم.

لكن، في مدّة لا تتجاوز 5 مليارات سنة، يكون الهيدروجين القائم في وسطها قد نَفَد. وستبدأ ظواهر أخرى. تتضخّم الشمس فتتحوّل إلى نجمة عملاقة حمراء. وتصبح الأرض، عندئذٍ، أتوناً حقيقيًّا: تقفز الحرارة على سطحها حتّى 2 000 درجة مئويّة، تقريباً. وهذا ما يحوّل الصخور إلى حمم مشتعلة!

قبل ذلك بكثير، تكون المحيطات قد نضبت، وكل حياة قد انتفت.

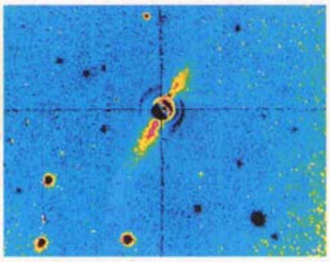
بعد قفزات نهائيّة، تتوقّف الشمس عن التضخّم. ويتقلّص حجمها لتتحوّل إلى نجمة بحجم الأرض، ولكنْ بكثافة لا تُصدّق: قَزْمَة بيضاء تنطفىء شيئاً فشيئاً، وتغرق النظام الشمسيّ في البرودة والظلام.

النظام الشمسيّ: ولادته، حياته، موته

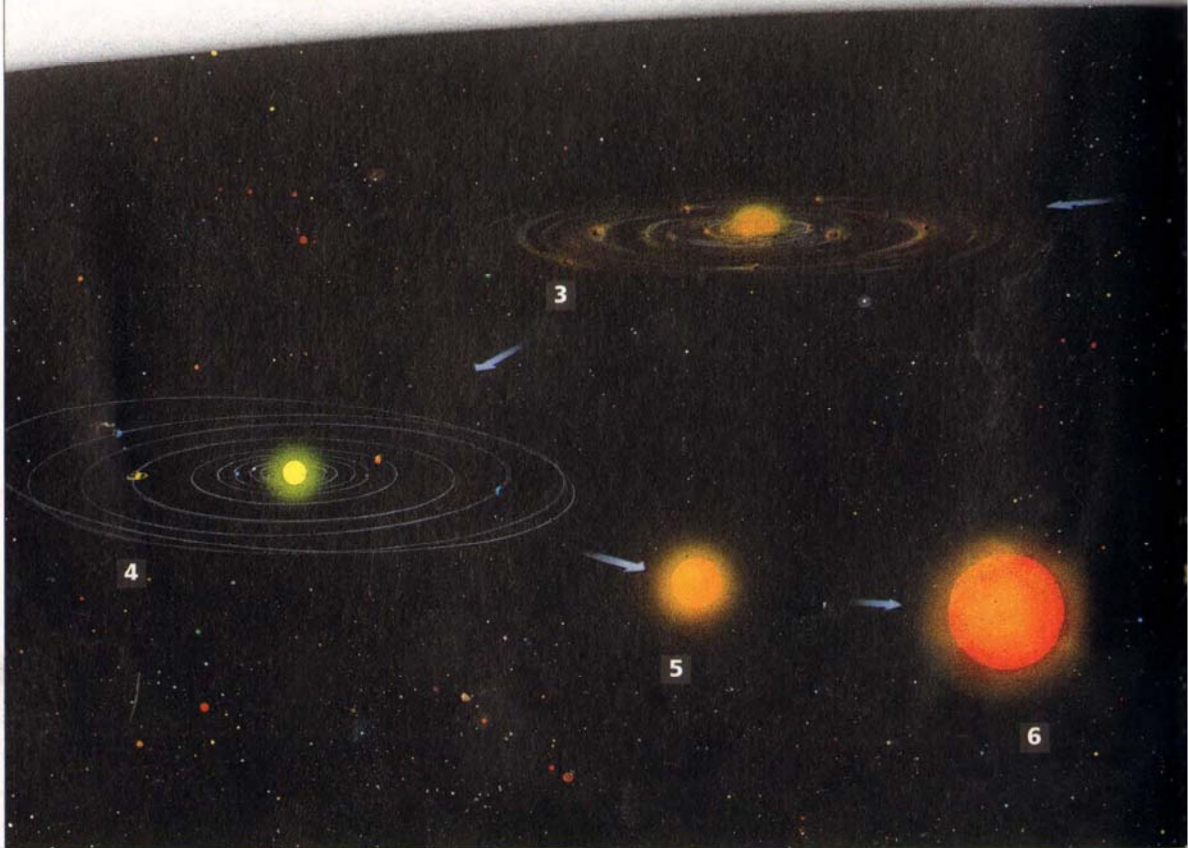
وُلِدَ النظام الشمسيّ منذ 4,6 مليارات سنة، انطلاقاً من غيمةٍ من الغاز والغبار (1) كانت تدور حول نفسها ثم تسطّحت بشكل أسطوانة (2). وفي الوسط، راحت الشمس تتلألأ (3)، وتكوّنت الكواكب (4). وبعد 5 مليارات سنة، تتحوّل الشمس إلى نجمة عملاقة حمراء (5, 6, 7)، قبل أن تتقلّص وتتحوّل إلى قَزْمَة بيضاء (8, 9) تنطفىء شيئاً فشيئاً (الخريطة ص 22).

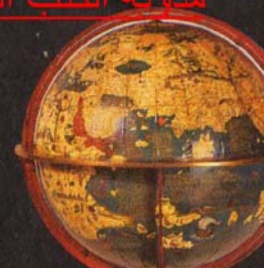
هل من أنظمة شمسيّة أخرى؟

سنة 1984، اكتشف الفلكيّون أسطوانة هائلة من الغبار حول النجمة بيتا بكتوريس.



في هذه الصورة، يُرى المنظر جانبيًّا ملوناً بالأصفر بواسطة الحاسوب. عُثِرَ عليه بأعمال رَصْد في أشعّة تحت الحمراء. قد يكون هذا نظاماً شمسيًّا في طور التكوّن. ويُعتقد أنّ عدداً كبيراً من النجمات مُحاطٌ بعدد من الكواكب. لكن، بالوسائل الحاليّة، يستحيل اكتشاف هذه الكواكب مباشرة. ففي الواقع، إن مُراقبة نجمة بحجم جوبيتر من الأرض وهي تدور حول نجمة من النجمات الأقرب كأنّها تمييز، من باريس، بين شمعة على مسافة 10م وبين منارة ضخمة هي نيويورك. وقد استطاع فلكيّون، مع ذلك، عام 1992، التأكّد من وجود كوكبين حول نجمة قائمة على مسافة 1 600 سنة نور.





يدور كوكب الأرض حول نفسه وينتقل حول الشمس. هذان التحركان يشرحان تعاقب الليل والنهار ودورة الفصول اللذين ينظّمان حياة البشر.

الأرض وتحرّكاتها

- أوج: النقطة الأبعد عن الشمس في مدار كوكب.
- جوّ: طبقة من الغاز تحيط ببعض الأجرام، ولا سيما الأرض.
- دوران: تحرك كوكب حول الشمس، أو تحرك كوكب تابع حول الكوكب المتبوع.
- دوران ذاتي: تحرك جرم حول محور قطبيه.
- سنة: الوقت الذي تمضيه الأرض (وبصورة أشمل الكواكب الأخرى) لتقوم بدورة حول الشمس.
- معادلة: كل من تاريخي السنة اللذين يكون فيهما النهار مساوياً الليل.
- منقلب: كل من تاريخي السنة اللذين تكون فيهما الشمس أبعد ما تكون عن خط الاستواء.
- نقطة الرأس: النقطة الأقرب من الشمس في مدار كوكب.
- وحدة فلكية: متوسط المسافة بين الأرض والشمس.
- يوم: الوقت الذي تمضيه الأرض لتقوم بدورة حول نفسها. هذه المدة يمكن أن تقاس بالنسبة إلى عدة معالم: النجوم البعيدة (دورة الأرض اليومية)، الشمس (يوم شمسيّ) الخ. في الحياة اليومية، يقسم اليوم إلى **24** ساعة بالضبط (يوم مدنيّ).

الأرض، بالنسبة إلى بعدها عن الشمس، هي الكوكب الثالث في النظام الشمسيّ، بعدَ عُطارد والزُّهرة. وليست الأرض مستديرة تماماً. فهي كرة مقبّبة، بعض الشيء، عند خط الاستواء ومسطّحة عند القطبين:

يبلغ شعاعها 6 378,136 كلم عند خط الاستواء، و 6 356,751 كلم عند القطبين. الأرض مُغَطّاة بالمياه بنسبة 71% من مساحتها، ومُحاطة بغلاف غازيّ يُسمّى الجوّ، ويحتوي على الهواء، وهو مزيج من الأوكسيجين والآزوت.

في الفضاء، الجوّ هو الذي يُعطي الأرض اللون الأزرق.

دوران الأرض

تدور الأرض حول الشمس مثل كل كواكب النظام الشمسيّ. وعندما تكمل دورة واحدة تنقضي سنة، وهو ما يمثّل تقريباً، 365 يوماً وربعاً.

إن المسافة بين الأرض والشمس هي حوالى 149,6 مليون كلم. ويسمّي الفلكيون هذه المسافة **وحدة فلكيّة** (و ف باختصار). ويستعملون وحدة القياس هذه بدلاً من الكيلومتر ليعبّروا عن المسافات بين الأجرام، داخل النظام الشمسيّ. هذه المسافة بين الأرض والشمس، في الواقع، تتغيّر خلال السنة، من 147,1 مليون كلم في حدّها الأدنى، (**نقطة الرأس**، حوالى 3 كانون الثاني/يناير) إلى 152,1 مليون كلم في حدّها الأقصى (**الأوج**: حوالى 6 تموز/يوليو).

أمّا السرعة التي تدور بها الأرض حول الشمس فمعدّلها 29,8 كلم في الثانية، أي نحو 000 108 كلم في الساعة، ولكنّها تزيد إذا اقترب كوكبنا من الشمس وتنقص إذا ابتعد عنها.

دوران الأرض الذاتي

إن الأرض، في الوقت الذي تدور فيه حول الشمس، تدور حول نفسها، من الغرب إلى الشرق. ومحور الدوران الذي يُسمّى أيضاً محور القطبين، هو محور وهميّ يخرق سطح الأرض في نقطتين هما القطبان الجغرافيّان: القطب الشماليّ والقطب الجنوبي.

محور الدوران هذا مُنْحنٍ 34َ 66° على مسطّح مدار



الأرض مرئيّة من الفضاء



بزوغ الأرض على القمر

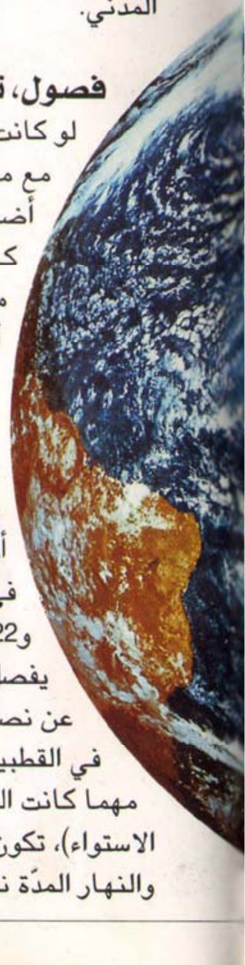
الأرض. ودوران الأرض على نفسها يولّد تعاقب النُّهُر والليالي، لأنّها لا تعرض للشمس، في الوقت نفسه، نصفي الكرة: والتحرّك الذاتيّ هذا يشرح لنا السبب الذي يجعلنا نرى الشمس تشرق ثم ترتفع إلى السماء ثم تغيب على الأفق، وليست الشمس هي التي تتحرّك بل الأرض هي المتنقلة بالنسبة إليها.

دوران الأرض على نفسها، إذا قيس بالنسبة إلى النجوم، يتم في 23 ساعة و 56 دقيقة و 4 ثوان: هذه هي مدّة دورة الأرض اليوميّة. وإذا قيس بالنسبة إلى تحرّك الشمس الظاهري في السماء (اليوم الشمسيّ) تزيد مدة الدوران نحو 4 دقائق. ولمتطلّبات الحياة اليوميّة، يعتبرون اليوم من 24 ساعة وهذا ما يُسمّى اليوم المدنيّ.

فصول، تعادلان، مُنقلبان

لو كانت الأرض تدور على نفسها عموديًّا مع مسطّح مدارها، لكانت الشمس أضاءَتها على صورة واحدة، ولما كان هنالك من فصول. ولكنّ انحناء محور دورانها يجعل الأرض أكثر أو أقل تعرّضاً للشمس حسب مراحل السنة. وهكذا تمر الأرض بأربعة أوضاع مُميّزة، كل اثنين منها متقابلان: التعادلان والمنقلبان التي تقسم السنة إلى أربعة فصول في المناطق المعتدلة.

في التعادلين (20 أو 21 آذار/مارس و22 أو 23 أيلول/سبتمبر)، الخط الذي يفصل نصف الكرة الذي تضيئه الشمس عن نصف الكرة الغارق في الظلام يمرّ في القطبين. فعلى جميع خطوط العرض (أي مهما كانت المسافة بين نقطة من الأرض وخط الاستواء)، تكون شروط الإضاءة هي نفسها: فلليل والنهار المدّة نفسها في كلّ مكان.





دوران الأرض حول الشمس ودورانها الذاتي
تدور الأرض حول الشمس. وتدور أيضاً على نفسها حول محور مُنحنٍ يمرّ في القطبين. هذان التحرّكان، مجتمعين، يولّدان الفصول.

في المنقلبين (21 أو 22 حزيران/يونيو و 22 أو 23 كانون الأوّل/ديسمبر)، الخط الذي يفصل نصف الكرة الذي تضيئه الشمس عن نصف الكرة الغارق في الظلام يمر بالدائرة القطبيّة (66°34') من خط العرض الشماليّ أو الجنوبي) وينحني الانحناء الأقوى بالنسبة إلى القطبين: ففارق المدّة بين الليل والنهار هو في حدّه الأقصى. أحد القطبين تضيئه الشمس، ويعرف نصف الكرة الملازم النهر الأطول؛ والقطب الآخر يغرق في الظلام، وتعرف نصف الكرة الملازم له الليالي الأطول. ويحدّد تعادل آذار/مارس أوّل الربيع في نصف الكرة الشمالي وأوّل الخريف في نصف الكرة الجنوبي؛ أمّا تعادل أيلول/سبتمبر فيُعلِن أوّل الخريف في نصف الكرة الشمالي، وأوّل الربيع في نصف الكرة الجنوبي.
ويحدد منقلب حزيران/يونيو أوّل الصيف في نصف الكرة الشمالي، وأوّل الشتاء في نصف الكرة الجنوبي؛ أمّا منقلب كانون الأول/ديسمبر فيُعلن أوّل الشتاء في نصف الكرة الشمالي، وأوّل الصيف في نصف الكرة الجنوبي. □

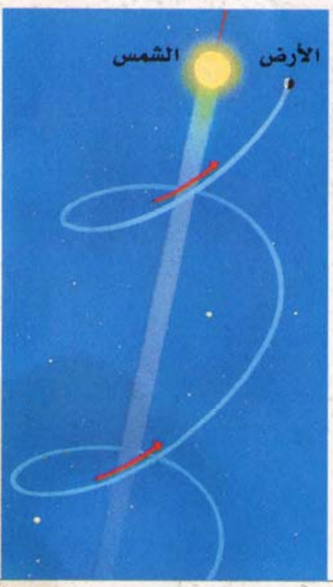
مبادرة التعادلين

يدور محور القطبين دوران محور البلبل، في أقلّ من 000 26 سنة بقليل. ونتيجة هذا التحرك المسمّى مبادرة التعادلين، يتغيّر النجم القطبي.



التحرك نحو القمّة

تتجه الشمس بسرعة 000 72 كلم/س نحو القمّة، وهي نقطة قائمة في كوكبة هرقل. والكواكب التي تدور حولها، مثل الأرض، ترسم نتيجة ذلك حلزوناً في الفضاء



القمر هو الكوكب الطبيعي الوحيد التابع للأرض. تُراقب أوجهه وخسوفاته منذ العصور القديمة. وهو الجرم السماويّ الوحيد الذي وَطِئه روّاد الفضاء.



القمر

القمر هو الجرم الأقرب من الأرض (المسافة التي تفصلهما هي نحو 400 384 كلم)، لذلك يبدو لنا ضخماً. ومع ذلك، يبقى، بقطره البالغ 476 3 كلم، أصغر من الولايات المتحدة.



وجه القمر المرئيّ

الوجه المرئيّ والوجه المحجوب

لا يولد القمر نوراً: بل هو يعكس النور الذي يتلقاه من الشمس. فله، دائماً، وجه مضاء (الذي هو من ناحية الشمس) ووجه مظلم (الذي هو من الناحية الأخرى). وبما أن القمر يدور على نفسه على الإيقاع نفسه الذي يدور عليه حول الأرض (في 4 أسابيع)، يُظهر لنا دائماً الوجه نفسه: الوجه المضاء.
أمّا الوجه الآخر فيسمّى الوجه المحجوب.

أوجُه القمر

تنتج الأوجه من تغيّرات وضع القمر بالنسبة إلى الشمس.
فعندما يكون القمر بين الشمس والأرض، لا نراه: هذه هي غرّة القمر. وبعد يومين أو ثلاثة، يظهر مساءً، في الغرب، على شكل هلال مضاء. ثم يعرض هذا الهلال يوماً فيوماً؛ وبعد أسبوع، يكون القمر قد قطع ربع مداره حول الأرض:

الربع الأوّل، يُرى عند المساء. ثم يبدو بيضويًّا: هذا هو القمر الأحدب.
أخيراً، بعد أن يقطع نصف مداره، يصبح في مقابل الشمس بالنسبة إلى الأرض. ويتلألأ وجهه المدوّر طوال الليل: هذا هو البدر. ثم تُرى، بعد ذلك، الأوجه العكسيّة.
ثم يظهر القمر من جديد، أحدب، ثم لا يُرى منه إلا نصف الأسطوانة: هذا هو الربع الأخير الذي يُرى عند الصباح. بعد بضعة أيّام، يتّخذ، من جديد، شكل هلال رفيع، في الشرق، ثم يختفي نهائيًّا: هذه هي غرّة القمر وبداية دورة جديدة من الأوجه. وبين غرّتين يمرّ 29,5 يوماً، تقريباً. وهذا ما يُسمّى إقماراً.

هلال



ربع أوّل



قمر أحدب



بدر



- **إقمار**: مدة دورة كاملة لأوجه القمر (29,5 يوماً تقريباً).
- **بدر**: وجه من أوجُه القمر حين يكون في مقابل الشمس بالنسبة إلى الأرض. ويبدو على شكل أسطوانة تتلألأ كلّ الليل.
- **حفرة نيزكية**: حفرة على سطح كوكب سبّبها اصطدام نيزك.
- **خسوف القمر**: اختفاء (كلّي أو جزئيّ) للقمر في ظل الأرض. ولا يمكن أن يحدث إلاّ للبدر.
- **رُبُع**: وجه من أوجُه القمر حين يبدو على شكل نصف اسطوانة. الربُع الأوّل يُرى في أوّل الليل، والربع الأخير يُرى في آخره.



- **غرّة القمر**: مرحلة يكون فيها القمر بين الأرض والشمس، ولا يُرى.
- **كسوف الشمس**: ظاهرة تحتجب خلالها الشمس، كليًا أو جزئيًا وراء القمر في السماء. وهذا لا يحدث إلاّ في غرة القمر.
- **وجه**: كل شكل من الأشكال التي يظهر عليها القمر في السماء خلال تحركه حول الأرض.



وجه من أوجُه القمر



أوجُه مختلفة لكسوف من كسوفات الشمس

خسوف القمر

أحياناً، عندما يكون القمر بدراً، تقتحِمُ ظلالٌ سطحَ القمر شيئاً فشيئاً، وتحجب نوره لمدّة ساعة أو أكثر. هذه الظاهرة هي **خسوف القمر**. وهذه الظلال التي تعبر القمر هي ظلال الأرض. عندما يغرق القمر في الظلال كليًّا يكون الخسوف تامًّا. وإذا كان جزءٌ من القمر في الظلال كان الخسوف جزئيا. وفي أثناء خسوف القمر، يمكننا أنْ نرى أنَ ظلال الأرض هي ذات محيط مستدير.

في أكثر الأحيان، يمرّ القمر، قليلاً، فوق ظلال الأرض أو تحتها. ولذلك لا يكون خسوف مع كل بدر؛ ويكون، أحياناً، خسوفان أو ثلاثة، كل سنة، وأحياناً لا شيء.

كسوفات الشمس

القمر أصغر من الشمس بـ 400 مرّة تقريباً، ولكنّه أقرب منها إلى الأرض بـ 400 مرّة أيضاً. لذلك يبدو الجُرمان بالحجم نفسه في السماء. عندما يمرّ القمر بين الأرض والشمس (في الغرّة)، يحجبها لفترة قصيرة: ويكون هذا **كسوفاً للشمس**.

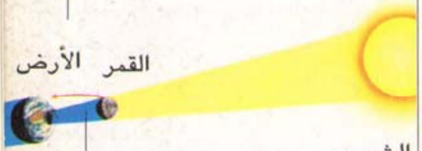
عند كسوف الشمس الكلّي، يسود الظلام في وضح النهار، وحول أسطوانة القمر السوداء، تنفصل هالة منيرة تُسمّى «التاج الشمسيّ». في حين ترى **خسوفات القمر** من نصف الأرض الذي يغشاه الظلام، لا يمكن أن ترى كسوفات الشمس إلاّ من رقعة ضيّقة من الأرض. وبما أن القمر يدور حول الأرض بسرعة تفوق الـ 500 3 كلم/ساعة فهي لا تدوم إلاّ لبضع دقائق.

هناك، في كلّ سنة، من كسوفين إلى خمسة كسوفات. ويكون واحدٌ منها، إلاّ في الحالات الاستثنائيّة، كسوفاً تامًّا. □



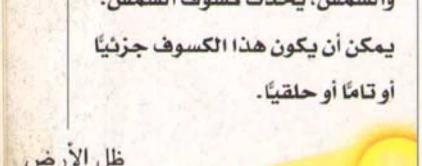
كسوف حَلَقيّ للشمس

عندما يكون القمر بعيداً جداً عن الأرض بحيث لا يحجب كليًّا مساحة الشمس، تبقى حلقة رقيقة مضاءة أثناء ذروة الكسوف.



كسوف الشمس

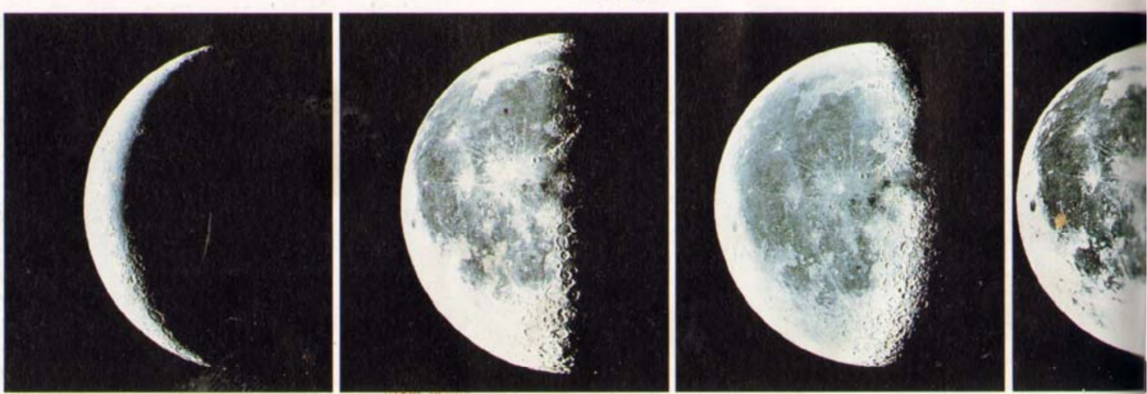
عندما يتوسط القمر بين الأرض والشمس، يحدث كسوف الشمس. يمكن أن يكون هذا الكسوف جزئيًّا أو تامًّا أو حلقيًّا.



خسوف القمر

عندما يكون القمر بدراً، ويتموضع في مقابل الأرض بالنسبة إلى الشمس، يتقنع بظلال الأرض. هذا هو خسوف القمر.

قمر أحدب   ربع أخير   هلال





جبال قمريّة

تـضـاريـس واسـتـكـشـاف



الإنسان على سطح القمر

كان الرسّام هرجيه قد صوّر تنتان على القمر قبل أن يطأ الإنسان سطحه بخمسة عشر عاماً.

بالسيّارة على القمر

أثناء رحلات أبولو الأخيرة، تنقّل الروّاد بسيّارة على القمر.

عندما يُرصد القمرُ بمنظار، يُكتشَف على سطحه جبال وسهول وفوّهات. ولكنْ، لم تُعرَفْ تضاريسه معرفةً دقيقة إلاّ بعدما غَزَتْهُ المسابير وروّاد الفضاء.

التضاريس القمريّة

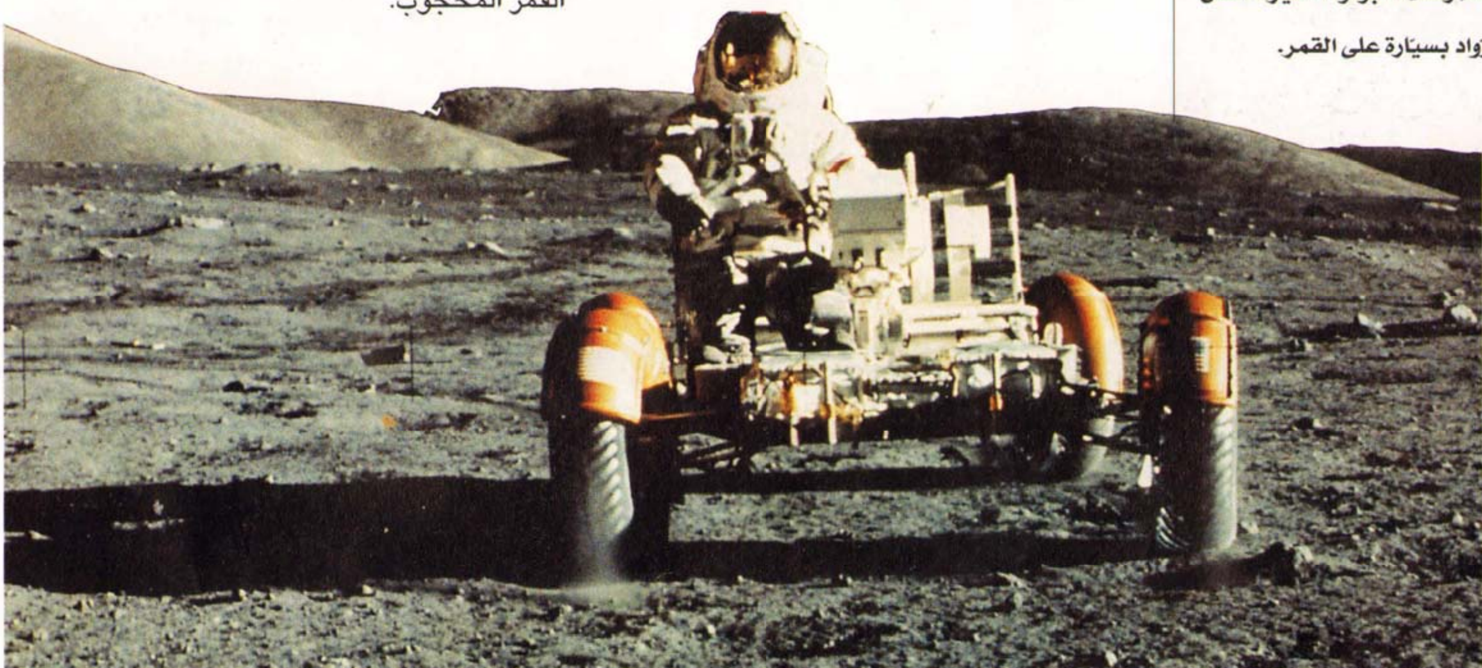
إنّ السهول تكوّن بقعاً مظلمة تشكّل العينين والأنف والفم من الوجه الذي نراه عندما ننظر إلى النور بالعين المجرّدة. كان العلماء، قديماً، يعتقدون أنّها بحور، وقد أطلقوا عليها أسماء شعريّة: بحر الصفاء، بحر الهدوء وبحيرة الأحلام...

حافظوا على هذه التسميات بالرغم من معرفتهم اليوم بعدم وجود الماء على القمر. وتبلغ أعلى الجبال ارتفاع 200 8 م - وهو ارتفاع أدنى من قمّة الإفرست بقليل - في حين أنّ القمر أصغر من الأرض كثيراً.

تغطي القمر فوّهات من جميع الأحجام، وقد سبّبها اصطدام الأحجار النيزكية بالقمر منذ مليارات السنوات. الصغيرة منها ليست سوى ثقوب بسيطة. أمّا الكبيرة منها فيتجاوز عرضها الـ 200 كلم. بعضها مُحاط بأخاديد بيضاء كأنّها قضبان عجلة: وما هي إلاّ حطام ثرى تناثر في جميع الاتجاهات على أثر اصطدام الأحجار النيزكية.

استكشاف القمر

منذ 1959 أُطْلِقَت عشرات المسابير الآليّة نحو القمر. كانت غاية المسابير الأولى أن تصوّر سطح القمر وهي تحلّق فوقه قبل أن تتحطّم عليه. ففي تشرين الأوّل/اكتوبر من عام 1959، نقل المسبار الروسيّ لونا 3 الصور الأولى لوجه القمر المحجوب.





تربة بحر قمري



وجه القمر المحجوب
كما صوّره المسبار غاليليو

حطّت، بعد ذلك، بهدوء، مسابير أخرى على سطح القمر، ووفّرت معلومات أدقّ عن سطحه، ثم وُضِعت، بعد ذلك، أقمارٌ صناعيّة في مدار القمر، درسته وصوّرته طوال أشهر.

وأخيراً، وَطِيء الإنسان نفسه سطح القمر. وبين 1969 و 1972 أتاحت ست رحلات أپولو لاثني عشر رائداً أميركيًا أن يمشوا على القمر. وكان الرائدان الأوّلان اللذان نزلا على القمر هما نيل ارمسترونغ وإدوين آلدرين، في 20 تمّوز/يوليو 1969، على أثر رحلة أپولو 11. وقد اتخذ روّاد اپولو آلاف الصور للقمر، ووضعوا عليه أجهزة علميّة، وقاموا بقياسات مختلفة وجاؤوا إلى الأرض بنحو 400 كغ من الصخور القمريّة لدراستها.

سطح القمر

بالرغم من قربه، يبقى القمر عالَماً مختلفاً عن عالمنا اختلافاً عظيماً، فليس فيه ماء ولا أي أثر للحياة. فالتربة القمريّة تنتشرُ فيها أعداد كبيرة من الأحجار والصخور الغائرة بتفاوت في طبقة كثيفة من الغبار الرماديّ. لا يستطيع الإنسان أن يعيش على القمر بلا تجهيزات مكيّفة، لأن القمر، بعكس الأرض، لا جوَّ له. والجاذبيّة على سطحه (ست مرّات أضعف من جاذبية الأرض) هي من الضعف بحيث لا تحتفظ بطبقة غازيّة. ولِعَدم وجود جو يحفظه، يتلقى القمر مباشرة الأحجار النيزكيّة والإشعاعات الآتية من الفضاء. فهو يتعرّض، مباشرة، لأشعّة الشمس: فتتجاوز الحرارة، على سطحه، في وَضَح النهار الـ 100 درجة مئويّة. أمّا، ليلاً، فيمكن أن تهبط إلى أدنى من 170 دَرجة تحت الصفر. وهذه التغيّرات الهائلة في الحرارة مردّها إلى أن الليل والنهار هما أطول بكثير على القمر منهما على الأرض: فيدوم كل منهما نحو أسبوعين (يدور القمر على نفسه خلال أربعة أسابيع). سماء القمر دائماً سوداء، حتى ولو تلألأت الشمس. ولكان الأمر نفسه على الأرض لو لم يكن هنالك من جوّ يعكس نور الشمس. □

أثر قدَم لرائد فضاء على سطح القمر



الجبال القمريّة

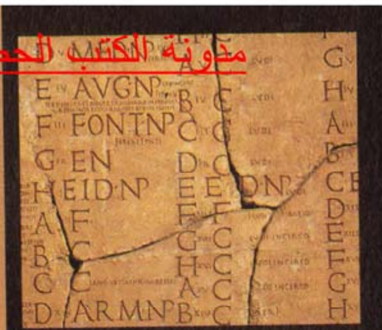
وجود الجبال على القمر قد عُرِف منذ القرن السابع عشر، بعد اختراع المِنظار.

أُطلِق على معظم جبال القمر أسماء الجبال الأرضيّة: الألب، الأبنين، الكربات، القوقاس... وقد أمكن تقدير ارتفاع هذه الجبال انطلاقاً من طول ظلالها على التربة، وهي معرّضة للشمس بانحراف.



وأعلى القمم قائمة بالقرب من القطب الجنوبي من القمر.

الصورة أعلاه تمثل تصوّراً قديماً للجبال القمريّة. وقبل اقتراب الأجهزة الفضائية من القمر، كان العلماء يعتقدون أنّ جباله تنتفش بالقمم والمسلات. ولكن الاستكشاف الفضائي دلّ على أن هذه الجبال تشبه سلاسل الجبال الأرضيّة القديمة، مع جوانب لطيفة وقمم مدوّرة.



[illegible] العصور القديمة، أحسّ الناس بالحاجة إلى تنظيم نشاطهم اليوميّ، وإلى مَوْضَعة الأحداث في الماضي وفي المستقبل. لذلك أسّسوا التقويمات التي تقسم الزّمن إلى أيّام وشهور وسنين.

التـقـويـمـات

- **إقمار:** مدة دورة كاملة لأوجه القمر (29,5 يوماً تقريباً).
- **تقويم:** منهج في قياس الزمن يرتكز على حركة الأرض حول الشمس و/أو حركة القمر حول الأرض.
- **دوران:** تحرك كوكب حول الشمس، أو تحرك كوكب تابع حول كوكب متبوع.
- **سنة:** الوقت الذي تمضيه الأرض (وبصورة أشمل الكواكب الأخرى) لتقوم بدورة حول الشمس.
- **شهر:** قسم من التقويم يطابق، تقريباً، مدة الإقمار.
- **كبيس:** صفة تطلق على السنة التي تشتمل على يوم إضافي في شهر شباط/فبراير، أي 366 يوماً بالاجمال.
- **وجه:** كلّ شكل من الأشكال التي يظهر عليها القمر في السماء خلال تحركه حول الأرض.
- **يوم:** الوقت الذي تمضيه الأرض لتقوم بدورة حول نفسها. هذه المدة يمكن أن تُقاس بالنسبة إلى عدة معالم: النجوم البعيدة (دورة الأرض اليومية)، الشمس (يوم شمسي) الخ. في الحياة اليومية، يُقسم اليوم إلى 24 ساعة بالضبط (يوم مدنيّ).

إنّ رَصْد الطبيعة كَشَفَ ثلاث ظواهر فلكيّة تستخدم لقياس الوقت: تعاقب الليالي والنُّهُر، وتتابع أوجُه القمر، ودورة الفصول. وهكذا كانت ثلاث وحدات طبيعيّة للزمن: **اليوم** المرتبط بدوران الأرض على نفسها؛ **والشهر** المرتبط بدوران القمر حول الأرض؛ **والسنة** المرتبطة بدوران الأرض حول الشمس. واختُرِعَتْ أنظمة لتقسيم الزمن إلى أيّام وشهور وسنين: هذه هي **التقويمات**. ويمكن تصنيفها في ثلاثة أنواع: التقويمات الشمسيّة، والتقويمات القمريّة، والتقويمات الشمس - قمريّة.



تقويم ازتيكي مع صورة للشمس في مركزه

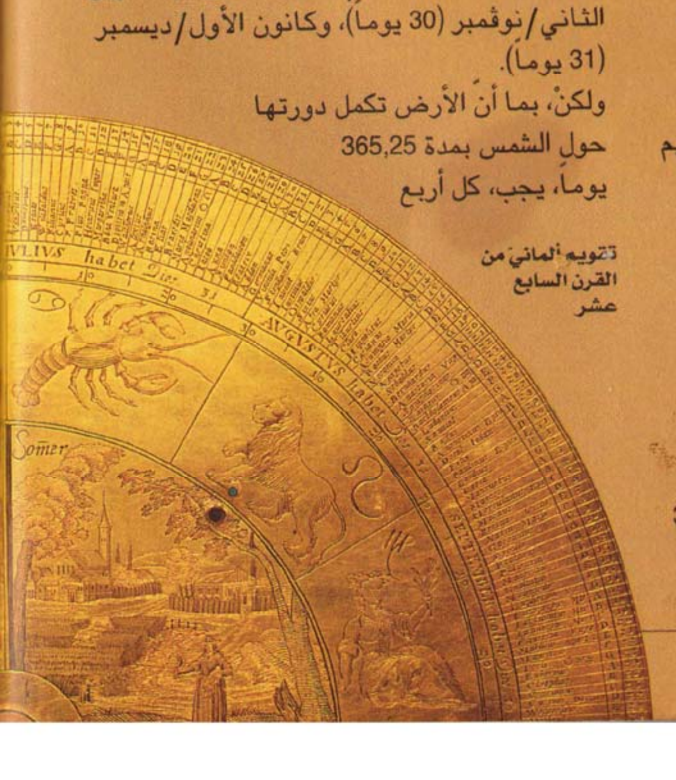
التقويمات الشمسيّة

ترتكز على الوقت الذي تمضيه الأرض لتُكْمِل دورتها حول الشمس. فتشتمل السنة على 365 يوماً مقسّمة إلى 12 شهراً. ويجب، دوريًّا، زيادة يوم إضافيّ نظراً إلى أنّ الأرض تدور حول الشمس لا في 365 يوماً بالضبط، بل خلال 365 يوماً و 48 دقيقة و 45,975 ثانية (أي 365,25 يوماً تقريباً). وفي أميركا، كانت شعوب المايا والأزتيك، قبل وصول كولومبس، تستعمل التقويم الشمسيّ.

التقويم الغريغوري

التقويم المستعمل اليوم على نطاق عالميّ هو تقويم شمسيّ. وقد أصلحه عام 1582 البابا غريغوار الثالث عشر، فسمّيَ «التقويم الغريغوري». وهو يشتمل، عادةً، على 365 يوماً مقسّمة إلى 12 شهراً: كانون الثاني/يناير (31 يوماً)، شباط/فبراير (28 يوماً)، آذار/مارس (31 يوماً)، نيسان/ابريل (30 يوماً)، أيار/مايو (31 يوماً)، حزيران/يونيو (30 يوماً)، تمّوز/يوليو (31 يوماً)، آب/اغسطس (31 يوماً)، أيلول/سبتمبر (30 يوماً)، تشرين الأوّل/اكتوبر (31 يوماً)، تشرين الثاني/نوفمبر (30 يوماً)، وكانون الأول/ديسمبر (31 يوماً).

ولكنْ، بما أنّ الأرض تكمل دورتها حول الشمس بمدة 365,25 يوماً، يجب، كل أربع



تقويم ألمانيّ من القرن السابع عشر



مقطوعة من تقويم صينيّ

سنوات، زيادة يوم إضافي على شهر شباط/فبراير.
وعندئذ تكون السنة من 366 يوماً: فيقال إنّها **سنة كبيس**.
السنوات التي تنتهي بصفرين 00 ليست كبيساً إلاّ إذا كان حاصل قسمتها بالعدد 400 عدداً صحيحاً: وهكذا لم تكن سنة 1900 كبيساً، ولكنّ كانت سنة 2000 سنة كبيس.
لم يُعتمَد التقويم الغريغوري في الوقت نفسه في كلّ البلدان. فقد بدأ العمل به في ايطاليا، وفي اسبانيا، والبرتغال في تشرين الأول/اكتوبر من سنة 1582: فاليوم الذي جاء بَعْدَ الخميس في 4 تشرين الأوّل/اوكتوبر كان الجمعة في 15 تشرين الأوّل/اوكتوبر، أيّ بتفاوت 10 أيام. وقد طُبّقَ إصلاح البابا غريغوار الثالث عشر، في فرنسا، في كانون الأوّل/ديسمبر من سنة 1582. وقد انضمّت المانيا وسويسرا إلى العاملين بهذا التقويم الجديد عام 1584, وبولونيا عام 1586. وهنغاريا عام 1587. أمّا المقاطعات البروتستانتيّة في البلدان المنخفضة وألمانيا وسويسرا فلم تعتمده إلاّ عام 1700, تقريباً. لم يُطبَّق هذا الإصلاح في بريطانيا إلاّ عام 1752, وفي اليابان عام 1873, وفي الصين عام 1911. وقد تأخَّرت عن الرَّكْب، أكثر من ذلك، البلدان ذات التقليد الأرثوذكسي، فطبّقه الاتحاد السوفياتي عام 1918, واليونان عام 1923.



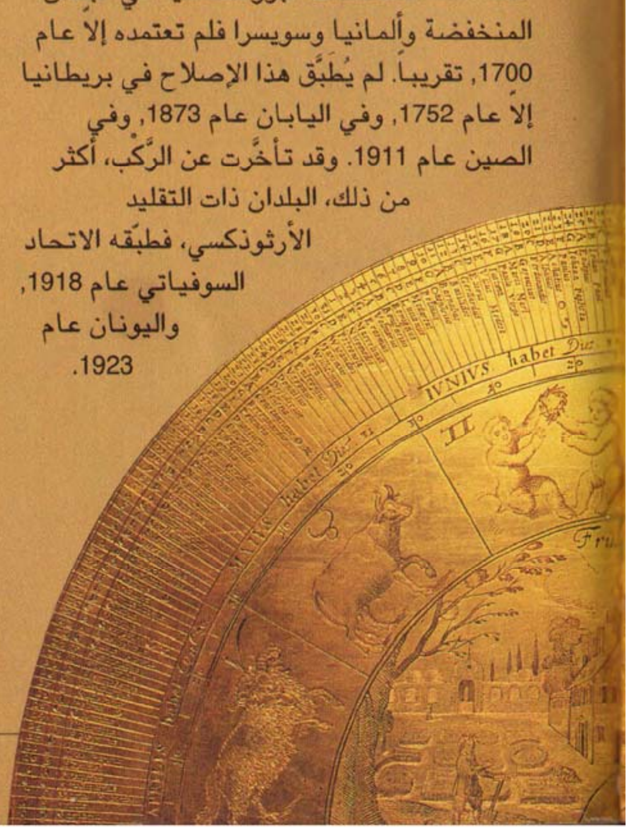
تقويم مصر القديمة

التقويمات القمريّة

ترتكز هذه التقويمات على دورة أوْجُه القمر المسمّاة «الإقمار». فالسنة تغطي 12 إقماراً بالضبط: فهي مقسَّمة إلى 12 شهراً، تعدُّ مداورةً 29 و 30 يوماً لتوافِق مدّة الإقمار.
وهي تجمع، في النهاية، 354 أو 355 يوماً، وتتراجع الأشهر، كل سنة، بـ 11 يوماً بالنسبة إلى دورة الفصول: ويكون التفاوت شهراً كل ثلاث سنوات. التقويم الإسلامي هو من النوع القمريّ. ويكون التفاوت السنويّ بينه وبين التقويم الغريغوري من 10 إلى 12 يوماً. وكان المصريّون القدماء يستعملون تقويماً مرتبطاً، في الوقت عينه، بالقمر وبفيضان النيل، المقسّم إلى ثلاثة فصول: أخِت (الفيضان) بيرت (الشتاء)، وشمو (جفاف الصيف).

التقويمات الشمْس ـ قمَريّة

هذه التقويمات تمزج النوعين السابقين. فالسنة تشتمل على 365 يوماً، كما هي الحال في التقويمات الشمسيّة، ولكنّ الشهور تطابق دورة أوجُه القمر. وهكذا، في التقويم اليهوديّ، تكون الشهور قمريّة والسنين شمسيّة. وبما أنّ الـ 12 شهراً قمرياً لا تكوّن إلاّ 354 يوماً، يجب، أحياناً، إضافة شهر كامل لتعويض النقص.
والتقويمات التقليديّة في الشرق الأقصى هي أيضاً تقويمات شَمس ـ قَمَريَّة. □

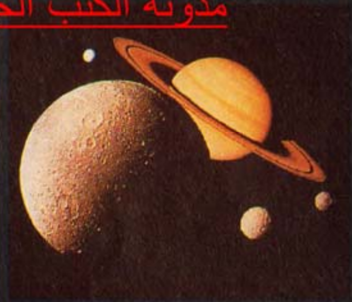


تاريخ بدء التقويمات

لا تبدأ التقويمات في الوقت نفسه في جميع الحضارات.
فمعظم الشعوب يبدأ بعدّ السنين انطلاقاً من حادثة دينيّة أو أسطوريّة يعتبرها أساسيّة.



في التقويم الإسلاميّ (انظر أعلاه)، تُعدّ السنين ابتداء من هجرة النبيّ محمّد ﷺ إلى المدينة المنورة (وتسمّى هذه الحادثة الهجرة)، في 16 تمّوز/يوليو عام 622 بعد الميلاد. وفي التقويم اليهوديّ، تُعدّ السنوات انطلاقاً من تاريخ يحسبونه تاريخ خلق العالم: 3761 ق.م.
في التقويم الغريغوري، تحسب السنوات انطلاقاً من ميلاد السيد المسيح كما وضعه، في القرن الميلادي السادس، الراهب السيتيّ دنيس الصغير.



يشتمل النظام الشمسي على تسعة كواكب أساسية مع الكواكب التابعة لها. الأقرب إلى الشمس شبيهة بالأرض. أمّا الأبعد عنها فتختلف من حيث الحجم والتركيب.

الكواكب والكواكب

تدور الكواكب الأساسيّة التسعة حول الشمس، باتجاه معاكس لاتجاه عقارب الساعة، على مسافات تتراوح بين 45,9 مليون كلم كحد أدنى (عطارد)، و 7,4 مليارات من الكيلومترات كحدّ أقصى (بلوتون). والكواكب الأرضيّة هي الأقرب إلى الشمس. وعلى مسافة أبعد تدور الكواكب الجبّارة. وأبعد منها الكواكب النائية.



لُو، كوكب تابع لجوبيتر، وهو ذو براكين

الكواكب الأرضيّة

إن عطارد وفينوس والأرض والمرّيخ هي الكواكب الأربعة الأقرب إلى الشمس، وهي كواكب أرضيّة. سطحها المسمّى **قشرة** صَلْبٌ. وهي مكوّنة من مادّة صخريّة كثيفة. وهي بحجم متوسّط: فقطرها أقلّ من 5 000 كلم للصغرى (عطارد) وأدنى من 13 000 كلم للكبرى (الأرض). وهذه الكواكب قد تطورت كثيراً منذ نشأتها. وقد فقدت غطاءها الأساسيّ من الغازات الخفيفة، أمّا **جوُّها** الحاضر فهو مؤلف انطلاقاً من غاز ينبعث من داخل هذه الكواكب. وقد تغيّرت تضاريسها بمرور الأيّام.

الكواكب العملاقة

هذه الكواكب القائمة في ما وراء المريخ وجوبيتر وزحل هي أكبر حجماً من الكواكب الأرضيّة. وهي، فعلاً، عملاقة. فقطر جوبيتر في الواقع، أكبر من قطر الأرض بإحدى عشرة

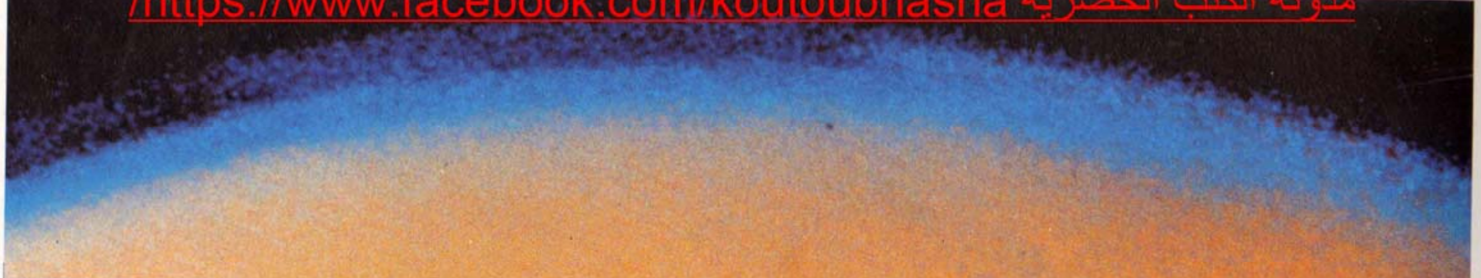


أوروبا، كوكب تابع لجوبيتر مغطى بالجليد

- **بُرقُع:** جزء من كوكب من نوع الأرض، قائم بين النواة والقشرة.
- **جـوّ:** طبقة من الغاز تحيط ببعض الأجرام، ولا سيما الأرض.
- **حلَقة:** منطقة دائرية تقريباً، فيها مجموعة كبيرة من الأجسام الصغيرة الصلبة (كتل صخريّة جليديّة، غبار) تشاهد حول الكواكب الضخمة من النظام الشمسيّ.
- **دوران:** تحرك كوكب حول الشمس، أو تحرك كوكب تابع حول الكوكب المتبوع.
- **دوران ذاتي:** تحرك جرم حول محور قطبيه.
- **قشرة:** منطقة سطحية صلبة من الكواكب التي هي من نوع الأرض.



- **كوكب:** جسم سماويّ لا ينير بذاته، يدور حول الشمس.
- **كوكب تابع:** جسم يدور حول كوكب.
- **مدار:** خط منحنٍ مُغلق يرسمه جسم في الفضاء، حول جسم سماويّ آخر أشد كثافة.
- **نواة:** جزء مركزي من كوكب حيث المادة تزن، في وحدة الحجم، الوزن الأعلى.



جو تيتان

التابعة لها

مرّة تقريباً؛ وقطر زحل أكبر بتسع مرّات. ولكنّ كثافتها أقلّ بكثير: فهي، في الأساس، كرات من غاز.
ليس لهذه الكواكب سطح صلب، وإنّما لها نواة مركزيّة من صخور ومن جليد. فقد تطوّرت قليلاً منذ نشأتها وحافظت على غلافها البدائي: جوّ سميك قوامه الهيدروجين والهليوم (غازان خفيفان). وأخيراً، تدور على نفسها ببطء (خلال 10 أو 16 ساعة فقط)، وهي محاطة بحلقات من المادّة.



الكواكب النائية

بعد جوبيتر وزحل تتتابع الكواكب الثلاثة الأبعد عن الشمس: أورانوس ونبتون وبلوتون.
أورانوس ونبتون هما أصغر من جوبيتر. وهما مؤلفان، بصورة أساسيّة، من غازات خفيفة، ومحاطان بحلقات. ويعتقد أنّ داخلهما يشتمل على كميّة كبيرة من الجليد.
بلوتون، الأبعد، هو حالة استثنائيّة: فهو يرتبط بالكواكب الأرضيّة بحجمه الصغير، وبالكواكب الضخمة بكثافته الضعيفة.

الكواكب الطبيعيّة التابعة

إنّ كواكب النظام الشمسي الأساسيّة، باستثناء عطارد وفينوس، لها، على الأقل، كوكب تابع لها.
ويُعْرف اليوم، بالإجمال واحدٌ وستّون. واكتُشِفَ سبعة وعشرون منها بفضل الصور التي التقطتها مسابير فضائية.
هذه الكواكب التابعة يمكن أن تُقسّم إلى ثلاث فئات، بالنسبة إلى الحجم. فالأكبر فيها هي القمر، والكواكب الأربعة التابعة لجوبيتر (لُو، أوروبا، غنيميد وكاليستو)، والكوكب الضخم التابع لزحل (تيتان)، والكوكب الأساسيّ التابع لنبتون (تريتون). فقطرها يزيد على 3 000 كلم. بعضها، كالقمر وكاليستو مؤلف من صخور، وبعضها الآخر من مزيج من الصخور والجليد.
الكواكب ذات الحجم المتوسط يتراوح قطرها بين 200 و 1 600 كلم، تقريباً. وتوجد حول زحل، وأورانوس ونبتون وبلوتون. ومعظمها مؤلف من مزيج من الصخور والجليد.
أخيراً، هناك الكواكب التابعة الصغيرة، التي يقلُّ عرضها عن 200 كلم (والأصغر فيها لا تتعدى بضعة كيلومترات)، وهي التي تكوّن الفئة الثالثة. أشهرها كوكبان تابعان للمرّيخ: فوبوس وديموس. □



كاليستو، كوكب تابع لجوبيتر مغطى بالجليد

الكوكب جوبيتر

بالرغم من قطر أصغر من قطر الشمس بعشر مرات، يبقى جوبيتر كوكباً عملاقاً؛ بإمكانه أن يحتوي أكثر من 300 1 كوكب بحجم الأرض! وعلى هذه الصورة، تُظهر الألوانُ الصناعيّةُ الجوانب القائمة ذات الارتفاع المتفاوت.



مظهر لسطح الزُّهرة

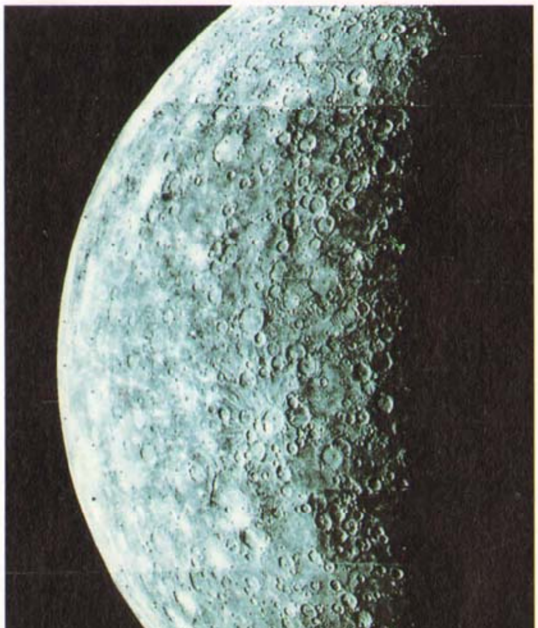
الكـــواكـــب الأرضيـــة

تركيب الكواكب الأرضية

إنَّ الكواكب الأرضية الأربعة مؤلّفة من قشرة خفيفة صلبة تغطّي برقعاً صخريًا أثقل يغطّي بدوره نواة معدنيّة.



يُعتقد أنَّ لعطارد النواة الأضخم بالنسبة إلى حجم الكوكب الإجمالي، وأنَّ للمرّيخ النواة الصغرى.



سطح عطارد مغطى بفوّهات

بالرغم من الاختلافات الكبيرة للوهلة الأولى، تتشابه الكواكب الأرضيّة الأربعة: عطارد، الزُهَرة، الأرض والمريخ من حيث الحجم والتركيب. ابتداءً من **الستينات**، راح العلماء يرسلون المسابير الفضائيّة نحو الزُهَرة والمرّيخ لدراستهما.

عُطـارد

يقع عطارد على مسافة 58 مليون كلم من الشمس، ويقضي 88 يوماً ليقوم بدورة حولها. بسبب قربه من الشمس ودورانه على نفسه ببطء (خلال 58,6 يوماً)، تكون الحرارة مرتفعة نهاراً (تصل إلى 400 درجة مئويّة) ومنخفضة جداً ليلاً. وهو الأصغر بين الكواكب الأرضيّة (يبلغ قطره 880 4 كلم). ليس له من جوّ، عمليًّا، لأنّه، مثل القمر، لا يمتلك من الثقل ما يجعله يحتفظ بغلاف غازيّ. وافتقاره إلى جوّ جعله عُرضة للصدمات، منذ مليارات السنوات، من أجسام صغيرة تدور في الفضاء. ليس لعطارد من كوكب تابع معروف.

الـزُهـرة

تقع على مسافة 108 ملايين كيلومتر من الشمس، وتقطع **مدارها** بمدة 225 يوماً. ويدوم **دورانها** البطيء جداً على نفسها بمدة 243 يوماً، ويتمّ من الشرق إلى الغرب، باتجاه معاكس لدوران الكواكب الأخرى. وبقطرها البالغ 100 12 كلم تكاد الزهرة تكون أقلّ حجماً من الأرض، ولكنّ جوّها يختلف تماماً: فهو مؤلّف بصورة أساسيّة من غاز الفحم بنسبة 96 % ومن الآزوت بنسبة 3,5 %. وهي مُحاطة بحجاب كثيف من الغيوم موزعة في ثلاث طبقات يتراوح ارتفاعها بين 50 و 70 كلم. بعضها يؤدّي إلى أمطار من الحمْض الكبريتيك، وهو جسم كيميائيّ شديد الخطورة.

الحرارة، على الزهرة، مرتفعة جدًّا، فغاز الفحم المتراكم في الجوّ يؤثّر كالزجاج في البيوت الزجاجيّة تحت تأثير أشعّة الشمس، فتصل الحرارة على سطح الكوكب إلى 460 درجة مئويّة. سطح الزهرة مفروش سهولاً بركانيّة، يبدو أنّ الكثير منها لا يزال مشتعلاً. وكما هي الحال مع عُطارد، ليس للزهرة من كوكب تابع لها.

الأرض

تقع الأرض على مسافة 150 مليون كيلومتر من الشمس، تقريباً. تقوم **بدورتها** حول الشمس بمدة 365,25 يوماً، وبدورانها على نفسها بمدة 23 ساعة و 56 دقيقة. وهي أكبر الكواكب الأرضيّة حجماً، إذ يبلغ قطرها أكثر من 700 12 كلم بقليل.
يغلفها الهواء، وهو مزيج غاز يحتوي على آزوت

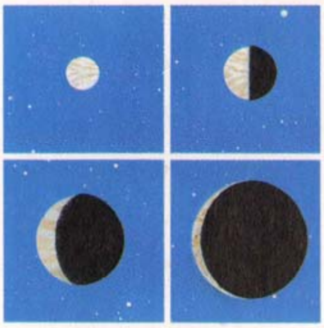


مسبار فينيرا على الزُّهرة

بنسبة 78 % تقريباً وعلى أوكسجين بنسبة 21 %. فرادة الأرض تكمن في كونها الكوكب الوحيد الذي يمكن أن يبقى الماء عليه سائلاً مُيسّراً بذلك وجود الحياة وتطورها. وهذه المياه التي تبلي الصخور شيئاً فشيئاً تساعد أيضاً في تغيير تضاريس سطح الأرض. فالحرارة الأعلى التي سُجلَت على الأرض كانت 58 درجة مئويّة في ليبيا، والحرارة الأدنى كانت 89,9 تحت الصفر بالمقياس المئويّ في القطب الجنوبي. وللأرض كوكب تابعٌ واحد: هو القمر.

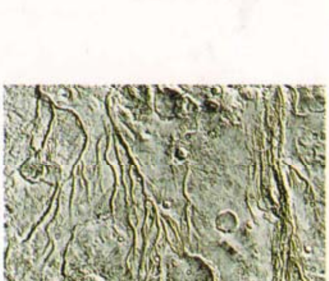
المـريـخ

يقوم كوكب المرّيخ على مسافة 228 مليون كيلومتر من الشمس، تقريباً. يقضي 687 يوماً ليقوم بدورة كاملة حول الشمس، ويدور على نفسه بمدة 24 ساعة و 37 دقيقة.
يمثل قطره (800 6 كلم) نصف قطر الأرض، تقريباً، وبسبب ضعف الجاذبيّة المسيطرة على هذا الكوكب (ثلث جاذبيّة الأرض)، لم يستطع أن يحتفظ إلا بطبقة جوّية رقيقة. هذه الطبقة تحتوي على 95,3 % من غاز الفحم، و 2,7 % من الآزوت، و 1,6 % من الأرْغون وشيئاً بسيطاً من الأوكسجين. المرّيخ، لكونه أبعد من الأرض عن الشمس، كوكب أبرد: فتهبط الحرارة على سطحه بسهولة إلى 50 درجة تحت الصفر، ولا تتخطى الـ 20 درجة مئويّة أبداً.
مثل الزهرة، يحتفظ المرّيخ بآثار حيويّة بركانيّة هائلة: فيشاهد فيه أكبر البراكين (منطفئة اليوم) في النظام الشمسي، ويبلغ ارتفاعها أكثر من 20 كلم. سطحه الصحراويّ المليء بالحصى ذو لون محمرّ؛ فالصخور تحتوي على أكسيد حديد يلوّنها بلون الصدأ تقريباً. وتهبّ، أحياناً، عواصف عنيفة تثير غيمات من الغبار، وهنالك كوكبان تابعان يدوران حول المرّيخ: فوبوس وديموس. □



أوجُه الزهرة

تظهر الزُّهرة، وَهْي مرئيّة من الأرض، بعدّة أوجه مثل القمر. هلال الزُّهرة له قرون مشيقة أكثر من قرون هلال القمر، يتغيّر قطر الكوكب الظاهر كثيراً بتغيّر الوجه؛ فبعده عن الأرض يتراوح بين 41 و 258 مليون كيلومتر.



قنوات المرّيخ

يُعتقد أنّ المُناخ كان في القديم أقلّ خشونة على المرّيخ، وأنّ المياه كانت تجري على هذا الكوكب، قد يشرح هذا وجود أودية متعرّجة تشبه مجاري أنهار قد نضبت.



خطٌ كبير يحزّ سطح المرّيخ



لُو وأوروبا أمام جوبيتر

الكواكب العملاقة

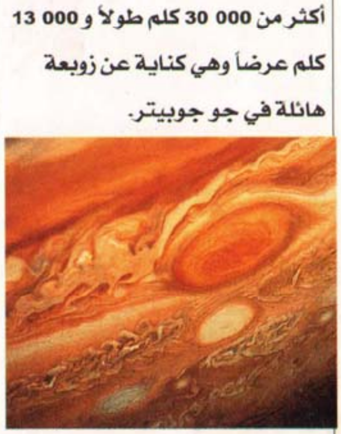
تركيب الكواكب العملاقة

هي مكوّنة، بصورة أساسيّة، من الهيدروجين والهليوم. وتحت الجوّ الغازيّ، تمتدّ طبقة من الهيدروجين المضغوط جداً، تغلّف نواة صخريّة.



لطخة جوبيتر الحمراء

هذه اللطخة الكبيرة تتغيّر بالحجم واللون حسب الحقبات. تمتد على أكثر من 000 30 كلم طولاً و 000 13 كلم عرضاً وهي كناية عن زوبعة هائلة في جو جوبيتر.



في ما بعد المرّيخ، يدور كوكبان عملاقان: جوبيتر وزحل. ولإمكانيّة رؤيتهما بالعين المجرّدة، استطاع القدماء أن يراقبوهما، أما المعلومات الدقيقة في هذا الموضوع، فقد وفرتها المسابير الأميركية فويّاجر التي حلّقت فوقهما بين 1979 و 1981.

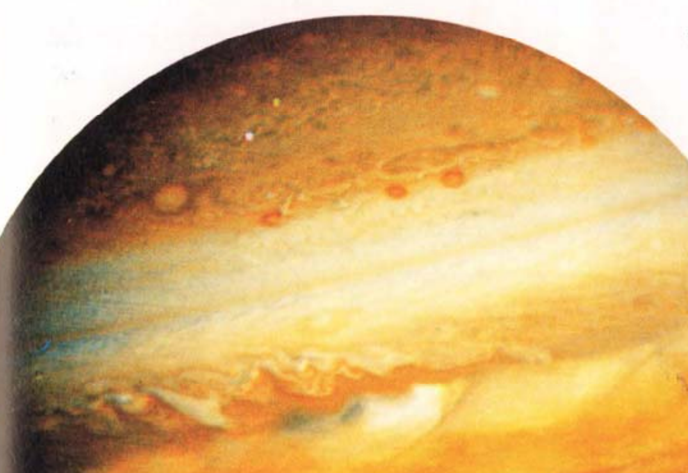
بخلاف الأرض، ليس لجوبيتر وزحل من سطح صلب: فهما كرتان هائلتان من الغاز.

جوبيتر

جوبيتر هو الكوكب الأضخم في النظام الشمسيّ. قطره أكبر من قطر الأرض بـ 11 مرّة، وتزيد كتلته على كتلتها بـ 318 مرّة، أمّا حجمه فيساوي أكثر من 300 1 مرّة حجم الأرض.

وهو يقوم على مسافة 778 مليون كلم من الشمس. هذا الكوكب العملاق مغلف بجو كثيف، قوامُهُ الهيدروجين والهليوم، وفيه تنتقل غيوم مكوّنة من غازات مجمّدة أو سائلة أهمّها الميتان والأمونياك.

بسبب دورانه السريع على نفسه (في أقلّ من 10 ساعات) تنبسط هذه الغيوم بشكل أشرطة موازية لخط الاستواء، وتغلّفه مثل الأحزمة. وتبدو لنا الغيوم الشديدة الارتفاع متلألئة، أمّا الأخرى فتظل مظلمة. وتشكيلة الغيوم هذه كثيرة الصخب: يُشاهَد فيها أعاصير تتغيّر بسرعة إلى حدّ ما. وأحد هذه الأعاصير يكوّن لطخة حمراء كثيراً ما حيّرت العلماء: هو إعصار دائم يبلغ حجمه أربع مرّات حجم الأرض. وقمة الغيوم باردة جدًّا (148 - درجة مئويّة)، ولكنْ، كلما زاد التوغل في داخل الكوكب، ارتفع الضغط والحرارة. في وسط



جوبيتر، أكبر كواكب النظام الشمسيّ



جوبيتر، قد تبلغ الحرارة 000 30 درجة مئويّة، ويبلغ الضغط 100 مليون مرّة ضغط الأرض. ولجوبيتر ستة عشر كوكباً تابعاً معروفاً. ومن بينها أربعة كواكب ضخمة يوازي حجمها حجم القمر: لُو، وأوروبا، وغنيميد وكاليستو. أمّا الباقية فهي كواكب صغيرة لا يتجاوز قطرها بضعة كيلومترات.

زُحَل

زحَل هو عملاق آخر يبلغ قطره 9,5 مرّات قطر



زحل وكوكبان من الكواكب التابعة له

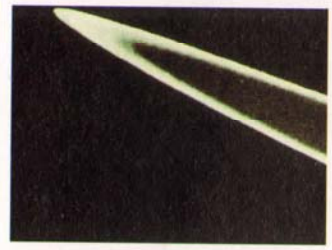
الأرض، وكتلته 95 مرّة كتلتها، وحجمه أكثر من 750 مرّة حجمها. يقوم على مسافة 1,4 مليار كلم من الشمس. وهو، مثل جوبيتر كتلة غازيّة تدور على نفسها بسرعة (بأكثر من 10 ساعات بقليل). لكنّها أقلّ كثافة، لاحتوائها كميّة أكبر من الهيدروجين: قد يستطيع زحَل أن يطفو على سطح الماء! والغيوم التي تحيط به تدفعها تحرّكات عنيفة: هي أعاصير حقيقيّة. الحرارة في قمّة هذه الغيوم هي ـ 180 درجة مئويّة. يمتلك زحَل، مثل جوبيتر، مصدر حرارة داخليّة؛ فهو يبث من الطاقة كميّة تساوي ثلاث مرّات، تقريباً، الطاقة التي يتلقاها من الشمس. اكتُشفَ، حول زحل، ثمانية عشر كوكباً تابعاً، ومنها عملاق هو الكوكب التابع تيتان وهو أضخم من الكوكب عطارد.

حلقات زحل

إنّ فرادة زحل تكمن في مجموعة **الحلقات** التي تحيط به؛ فهي من الاتساع بحيث يمكن أن نراها بمنظار هواة. وقد استشفها غاليله منذ 1612, ولكنّ الهولندي هويغنز هو أوّل من فهم هذه الظاهرة عام 1659. انطلاقاً من الأرض، لم يُكتَشَف إلاّ نصف دزينة من الحلقات، ولكنّ مسابير فوياجر التقطت صُوراً دلّت على أن الحلقات بالآلاف. وهي تكوّن، حول زحل، وفي سطح خط الاستواء، شبه أسطوانة يبلغ قطرها 300 000 كلم، تقريباً، وهي ذات سماكة لا تتعدى الكيلومتر الواحد. وحسب موقع زحَل من الأرض والشمس، نرى هذه الحلقات بانحناء يتغيّر بعض الشيء. وعندما تظهر حسب شريحة أفقيّة، تكون من الدقة بحيث لا تُرى. وهذه الحلقات تكوّن أعداداً لا تُحصى من قطع صغيرة من الجليد الغباريّ، تدور حول الكوكب، ككواكب تابعة له.

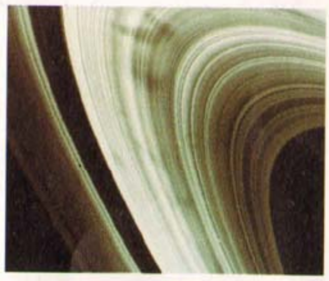
حلقات جوبيتر

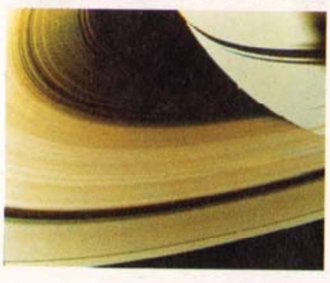
هي أقلّ استحقاقاً للمشاهدة من حلقات زحل. الحلقة الأساسيّة في طرفها الأقصى تقع على مسافة 57 000 كلم، تقريباً، وراء غيوم الجو الأعلى. وهذه الحلقة وهي من 6 000 كلم، تقريباً، تمتد نحو الكوكب بهالة منتشرة، ومن الناحية الثانية، بحلقة خارجيّة واسعة. □



حلقات جوبيتر

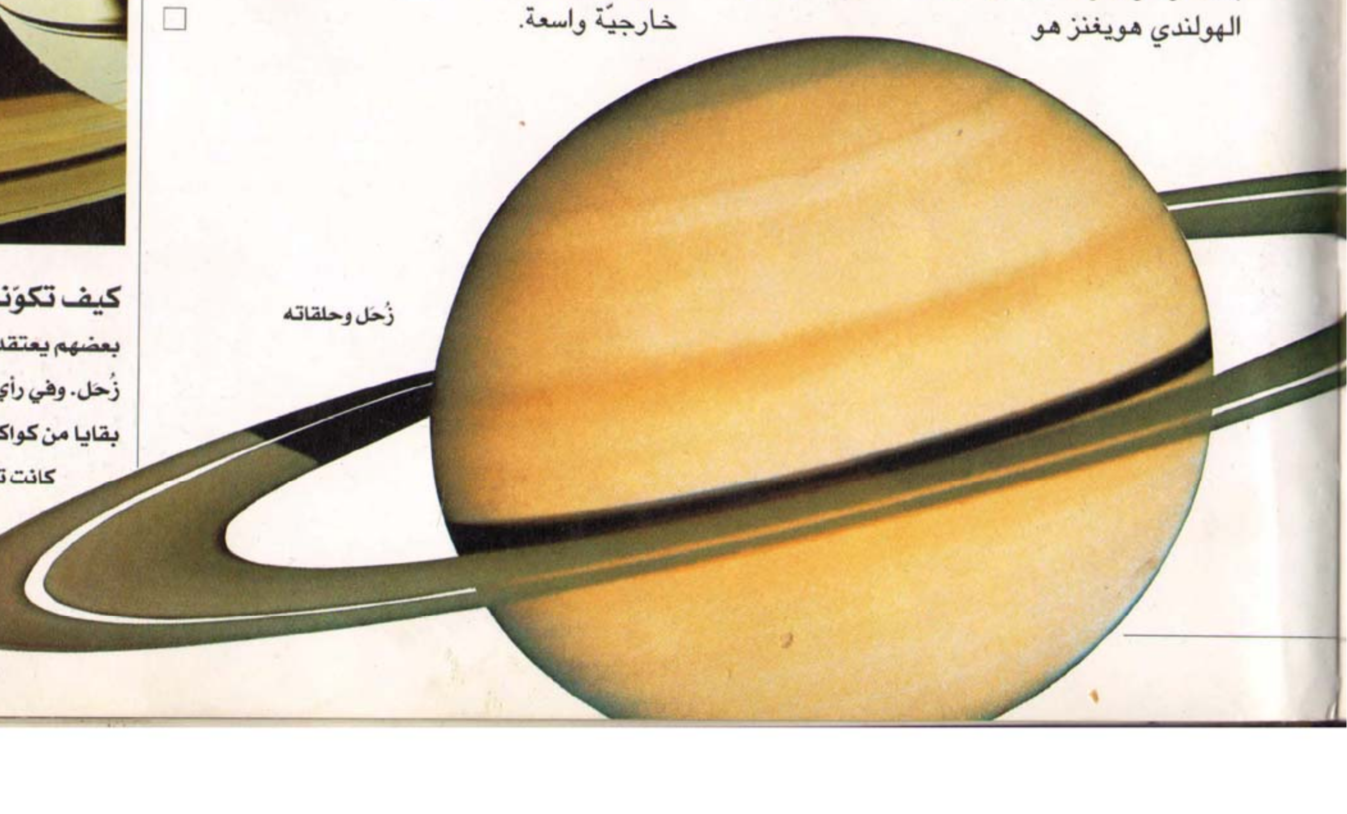
هي حلقات من المادة دقيقة، لا تُرى من الأرض، على الإطلاق. وقد اكتشفتها المسابير الفضائية فوياجر.





كيف تكوّنت حلقات زُحَل؟

بعضهم يعتقد أنّها حطام من تكوّن زُحَل. وفي رأي بعضهم الآخر، أنّها بقايا من كواكب تابعة تناثرت لأنها كانت تدور على مسافة قريبة جداً من الكوكب.



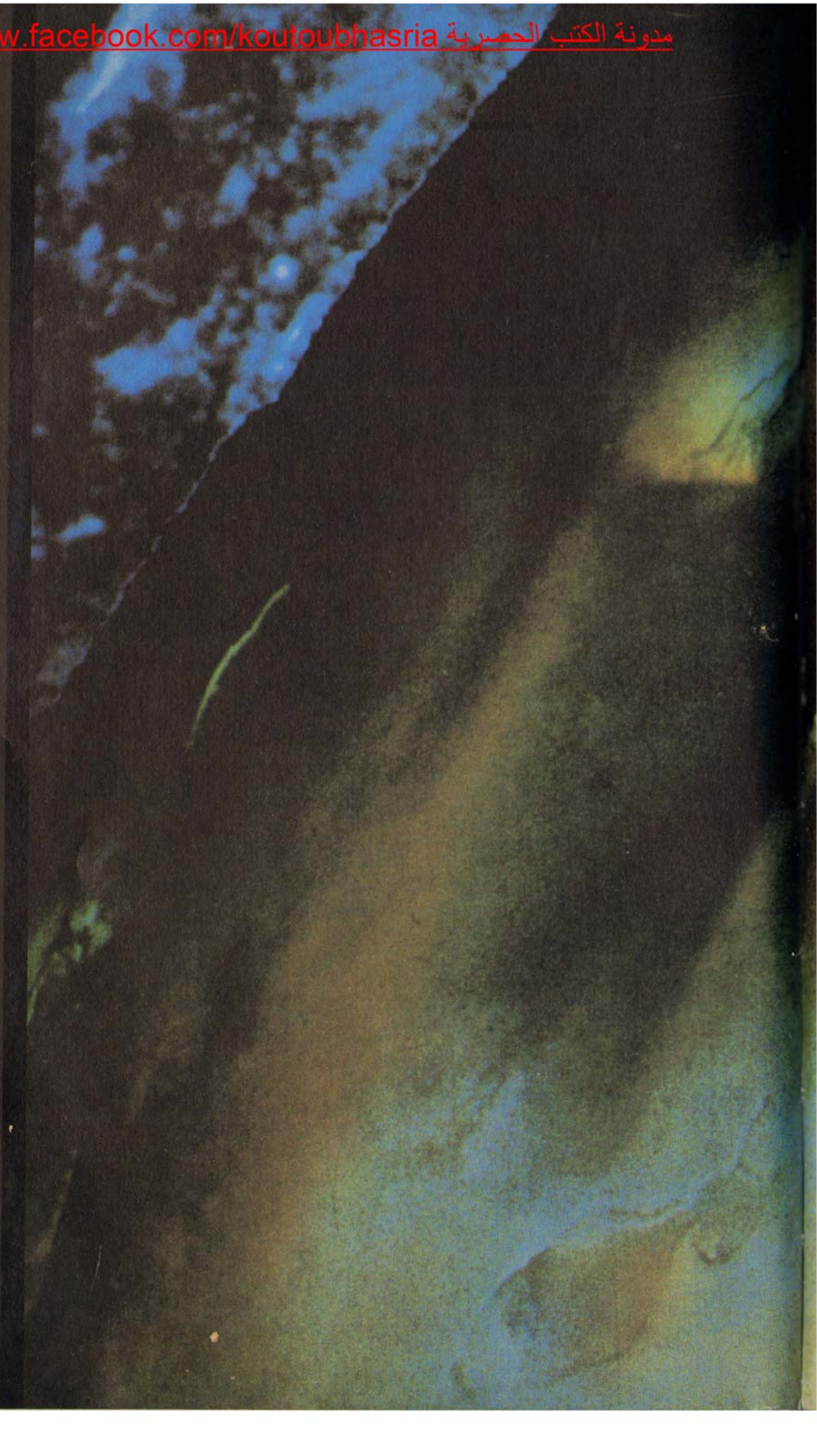
زُحل وحلقاته





الكوكب التابع لُو

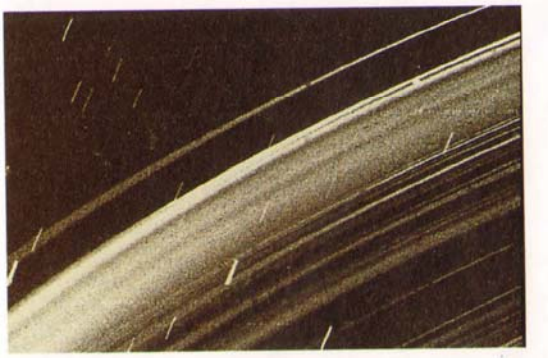
خلقت المسابير الأميركيّة فوياجر مفاجأة ضخمة عندما كشفت أنَ لُو، وهو أحد الكواكب الأربعة التابعة لجوبيتر، يحتوي على عدد كبير من البراكين الثائرة، بالرغم من الجليد الذي يغطّي سطحه. فالمادة داخل لُو، التي يجذبها، من ناحية الكوكب العملاق جوبيتر، ومن ناحية أخرى ثلاثة كواكب تابعة لهذا الكوكب (أوروبا وغنيميد وكاليستو)، هذه المادة هي باستمرار مشوّهة ومسخّنة. فتنفجر، دوريًا، من السطح، ببراكين كبيرة، مثل بيليه، الذي يُرى في هذه الصورة. وأحياناً، تُقذف حممٌ من الكبريت بسرعة 3 000 كلم/س وترتفع على أكثر من 200 كلم.





بلوتون والكوكب التابع له شارون

الكواكب النائية



في ما وراء الكواكب العملاقة، اكتُشِفَ كوكبان عملاقان أيضاً: أورانوس ونبتون. وبسبب بعدها السحيق، تصعب دراسة هذه الكواكب انطلاقاً من الأرض. وقد عُرِفا، بصورة أفضل، منذ حلَّق فوقهما المسبار الأميركي فويّاجر 2: أورانوس عام 1986.

أمّا بلوتون فلم يقترب منه أي مسبار فضائيّ، لذلك يبقى مكتنفاً بالأسرار.

أورانوس

اكتشف هذا الكوكب، صُدفة، عام 1781، الفلكي الإنكليزي وِلْيَم هِرْشل، بواسطة مقراب، فظنَّه، للوهلة الأولى، مذنّباً.

يبلغ قطرُه أربعة أضعاف قطر الأرض، تقريباً، وتبلغ كتلته 15 ضعف كتلتها. ويقوم على مسافة 2,8 مليارات كلم من الشمس.

هذا الكوكب أصغر وأشدّ كثافة من جوبيتر وزحل، وهو، مثلهما، مُحاط **بجو كثيف قوامه** الهيدروجين والهليوم. ولكنّه يحتوي أيضاً على غاز آخر يعطيه اللون الأزرق الجميل وهو الميتان. وأورانوس هو مثلجة حقاً: فتهبط هناك الحرارة إلى ما دون الـ 200 – درجة مئويّة.

يُعتقد أنّه لا يحتوي على هيدروجين سائل معدني، ولكنّه يحتوي **نواة** صخريّة محاطة ببرقع من جليد. وهو مُحاط بعشر **حلقات** من الغبار القاتم تتدرّج من 000 42 كلم إلى 000 51 كلم عن مركز الكوكب. وقد كُشِفَ حول أورانوس خمسة عشر **كوكباً تابعاً**، وقد روقبت الخمسة الضخمة بينها من الأرض، أمّا البقيّة فقد اكتشفها المسبار فويّاجر 2.



الكوكب أورانوس

ليست الأرض الكوكب الأزرق الوحيد. فالكوكبان الضخمان النائيان: أورانوس (الصورة اعلاه) ونبتون (الصورة على الصفحة التالية) لهما ايضا هذا اللون الجميل. ولكن، لسبب مختلف جدا. فجوهما يحتوي على الميتان، وهو العنصر الأساسي في الغاز الطبيعي المستعمل للتدفئة على الارض. وهذا الغاز يمتص الاشعاعات الحمراء من نور الشمس الذي يبلغ الكوكبين. ويتيح مرور الإشعاعات الزرقاء.

حلقات أورانوس

نبتون

اكتشِفَ نبتون عام 1846 في المكان الذي كان العالم الفرنسي إربان له فيريه قد حدّده، لأن وجوده هو الوحيد الذي كان يمكن أن يشرح بعض الشذوذ في حركة أورانوس.

ويقع نبتون على مسافة متوسطة من 4,5 مليارات كلم من الشمس. ويشكّل نبتون بحجمه وبكتلته نظيراً كاملاً لأورانوس، ولكنّ جوّه أكثر اضطراباً. تشاهد، في جوه، غيوم متفاوتة الارتفاع، تدفعها رياح تهبُّ بسرعة تفوق الـ 000 1 كلم/س.

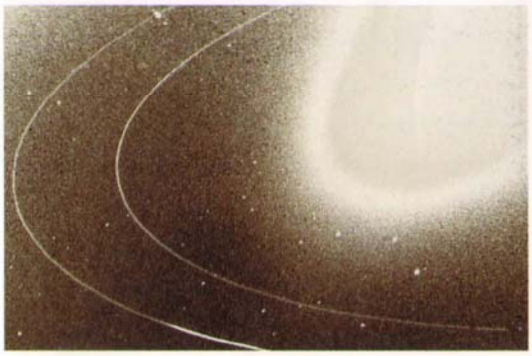
والمظهر الأهم هو لطخة قاتمة كبيرة بحجم الأرض. وهي تذكّر بلطخة جوبيتر الحمراء. وهي زوبعة هائلة تهب بسرعة تفوق الـ 600 كلم/س. وعلى ارتفاع عالٍ، تنتقل غيوم شديدة السرعة، مكوّنة من قطع من الميتان المثلّج. بسبب بعده عن الشمس، يتلقى نبتون طاقة شمسيّة أقل من الطاقة التي تتلقاها الأرض بـ 900 مرّة. وقد لوحظ أنه يبث من الطاقة 2.7 مرة أكثر مما يتلقّى. لا يُعرَف مصدر هذه الحرارة الداخليّة، ولكنّها هي التي تشرح التحرّكات العنيفة في الجو.

بفضل فويّاجر 2، تمكّن العلماء من تفحّص ثلاث





شارون مرئيّ من بلوتون



حلقات نبتون الأساسيّة

الكوكب نبتون كما التقطتْ صورته بواسطة فوياجر 2 في آب/أغسطس 1989



حلقات حول نبتون، غارقة في أسطوانة من غبار؛ وللحلقة الخارجيّة منها ميزة امتلاك ثلاثة أقواس مميّزة، على امتدادها المزيد من المادّة.

لنبتون ثمانية كواكب تابعة معروفة. وأضخمها تريتون، وهو الجسم الأبرد، على الإطلاق، في النظام الشمسيّ، إذ تبلغ الحرارة على سطحه 228 - درجة مئويّة.

بلوتون

عند اكتشافه عام 1930, كان بلوتون هو الكوكب الأبعد في النظام الشمسيّ. وبما أنّ مداره له شكل إهليلجيّ، يتراوح بعدُهُ عن الشمس بين4,4 مليارات و 7,4 مليارات كلم.

هكذا يكون، منذ 1979, أقرب إلى الشمس من نبتون، واستمرّ هذا حتى آذار/مارس عام 1999. ويقطر أدنى من 500 2 كلم، هو أصغر من القمر: مقاييسه، وهو مرئيّ من الأرض، تعادل مقاييس قطعة الفرنك النقديّة إذا نُظِر إليها من مسافة عدّة عشرات من الكيلومترات! وما من مسبار حلّق فوقه بَعْد، لذلك تبقى معرفته شبه معدومة. يُعتقَد أنّه مؤلّف من نواة صخريّة محاطة ببرقع من جليد.

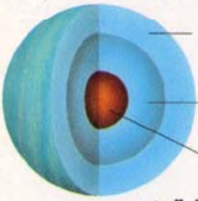
قد يكون سطحه مغطّىً بالآزوت والميتان المجلّدين. وقد يكون مغلفاً بجوّ رقيق يحتوي الميتان.

يعتقد بعض الفلكيين أنّ هذا الكوكب كان كوكباً تابعاً لنبتون. وقد يكون استقلّ على أثر اصطدام مع جسم آخر.

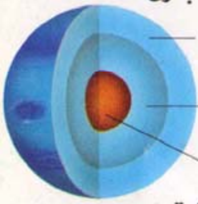
عام 1978 اكتشف العلماء كوكباً تابعاً له: هو شارون. وقطره (200 1 كلم تقريباً) يساوي نحو نصف قطر بلوتون. ليس هنالك من أمثلة أخرى، في النظام الشمسيّ، على تابع بهذه الضخامة بالنسبة إلى الكوكب المتبوع. □

تركيب الكواكب النائية

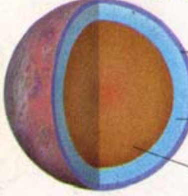
أورانوس



نبتون



بلوتون



أورانوس ونبتون مكوّنان بصورة خاصة من الهيدروجين والهليوم. بلوتون هو كوكب من صخور وجليد، اكتشِفَ بفضل الحسابات التي أجراها برسيفال لويل (1855 - 1916).





حول الشمس، باستثناء الكواكب الضخمة وتوابعها، تدور آلاف الأجسام الصغيرة: من نجيمات لا يتعدّى قطرها بضع مئات من الكيلومترات، من مذنّبات إلى أحجارٍ نيزكيّة وغبار.

نجيمات ومُذنّبات



غسبرا
أوّل نيزك يحلق فوقه مِسبار فضائيّ

إنّ الفضاء الذي يفصل الكواكب الأساسيّة ليس فارغاً: بل يتنقل فيه عدد كبير من الأجرام الصغيرة ذات الأحجامِ المتنوعة. وهي كواكب صغيرة و**نجيمات** و**مذنّبات** تغدو، أحياناً، قرب الشمس مرئيّة بالعين المجرّدة؛ وكتل صخريّة وغبار. لو جُمعَت كل هذه الأجسام في جرم واحد، لكان هذا الجرم أصغر من الأرض.

النجيمات

النجيمات أجسام صخريّة صغيرة. وأضخمها، سيرس، لا يبلغ قطره 000 1 كلم. والصغيرة منها لها أشكال مختلفة. يعتقد الفلكيّون أنّ النجيمات هي «حُشيرات» صغيرة من **السديم** الذي انبثق منه النظام الشمسيّ لم تستطع أنْ تتكتّل بسبب قوة الجذب الهائلة التي يقوم بها جوبيتر. وقد فهرَسَ العلماء، حتى الآن، أكثر من 000 6 نجيمة، ولا يزالون يكتشفون الجديد منها كلّ عام.

بين مدار المرّيخ ومدار جوبيتر رُصِد العدد الأكبر منها على مَسافات تتراوح بين 320 و 495 مليون كيلومتر من الشمس. وينتقل بعضها أبعد من ذلك، في ما وراء نبتون وبلوتون. ولبعضها الآخر مدارات أكثر استطالة حتى أنه يأتي فيلامس الأرض: وهكذا، عام 1937 مرّ هرْمِس، وهو صخر من أقلّ من كيلومتر، على مسافة 000 780 كلم من كوكبنا، أيٍ ضعفي المسافة التي تفصلنا عن القمر، تقريباً. كان **المسبار الفضائي** الأميركيّ غاليليو الموجّه نحو جوبيتر الأوّل في تصوير النجيمات عن كثب: غاسبرا (19 كلم على 12) عام 1991, وإيدا (52 كلم على 30) عام 1993. وكلتاهما محدودة بفوّهات سبّبتها الأحجار النيزكية. واكتُشِفَ قُميرٌ من 1,5 كلم فقط حول إيدا.

المذنّبات

للمذنّبات نواة من بضعة كيلومترات، وهي مزيج من الصخور والجليد والغبار.



- **جوّ: طبقة من الغاز تحيط ببعض الكواكب، ولا سيّما الأرض.**
- **حجر نيزكي: جسم صلب يأتي من الفضاء البيسيّاري ويقع على سطح كوكب.**
- **سديم: غيمة هائلة من الغاز والغبار، موجودة في الفضاء.**
- **كوكب: جسم سماويّ لا ينير بذاته، يدور حول الشمس.**
- **مدار: خط منحن مغلق يرسمه جسم في الفضاء حول جسم سماويّ أعظم كتلة.**



- **مذنَّب: جرم صغير مكوّن من صخور ومن جليد، تنبثق منه كميّات كبيرة من الغاز والغبار، ويصبح نيّراً عندما يقترب من الشمس.**
- **مِسبار فضائيّ: جهاز فضائي غير مسكون، مُعدّ لاستكشاف بعض الأجرام من النظام الشمسيّ.**
- **نجيمة: كوكب صغير لا تتجاوز قياساته بضع مئات من الكيلومترات. لا جوّ له.**
- **نيزك: ظاهرة مضيئة يحدثها دخول جسم صلب آتٍ من الفضاء وداخل في الجو.**



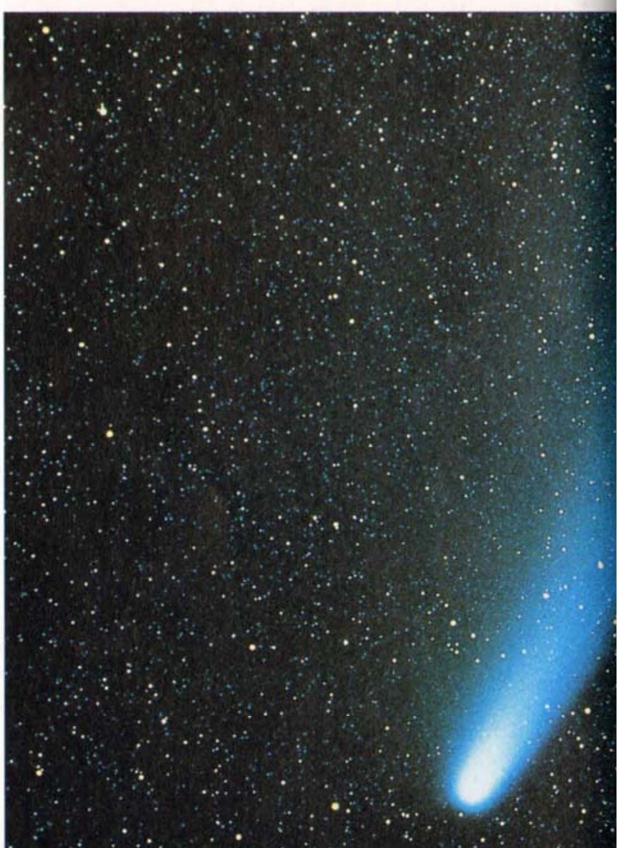
أجزاء من المذنب شوماكر ـ ليفي 9

عندما تقترب من الشمس، تسخن هذه النواة وتبثّ غازاتٍ وغباراً؛ فتحيط بها عندئذ هالة منيرة تُسمّى الضفيرة. تمتدّ هذه الضفيرة، بعد ذلك، في اتجاه معاكس لاتجاه الشمس، بذيل من الغاز مزرق مستقيم، وذيل من الغبار أصفر معقوف أكثر اتساعاً. يبلغ طول هذه الذيول، أحياناً، عدّة مئات من ملايين الكيلومترات. وبصورة عامّة، تفقد المذنبات غازها شيئاً فشيئاً: فتصبح عندئذ نُجيمات. وتتفكك، أحياناً، بصورة أعنف، وتتحطّم على كوكبٍ أو على الشمس.

بعض المذنبات، المسمّاة دوريّة، تتبعُ مدارات مستطيلة تعود بها، عادةً، إلى جوار الشمس، وأحد أشهر هذه المذنبات هو المذنب هالي الذي يعود كلّ 76 سنة، تقريباً. وقد حلّقت فوقه المسابير الفضائية عند عودته الأخيرة عام 1986.

يعتقد الفلكيّون أنّ منطقة شديدة البعد من الشمس، وبالتالي شديدة البرودة، تحتوي على مليارات من المذنبات. ومن مثل هذه الأمكنة قد تأتي تلك المذنبات التي نراها.

ببقائها على حالها كأنّها في مثلّجات، تتيح المذنبات للفلكيين أن يفهموا بصورة أوضح، كيفيّة نشوء النظام الشمسي.



المُذنّب هالي مرئيّ من الأرض

النيازك والأحجار النيزكيّة

تُلاقي الأرض، كل يوم، العدد الكبير من البقايا التي تجتذبها. تشتعل الصغيرة منها كليًّا في الجو، وتتساقط على الثرى بشكل غبار دقيق.

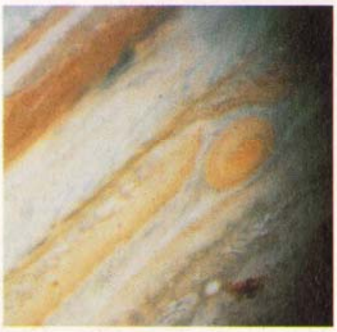
وباشتعالها، تترك هذه البقايا سُحُباً منيرة في السماء، تُسمّى نيازك أو نجوماً مذنّبة.

أمّا الحطامات الكبرى فتنفجر أحياناً في الجوّ، ولكنّها لا تشتعل اشتعالاً كليًّا. فتُجمع بشكل أحجار نيزكيّة.

يعتقد بعض العلماء أن هبوط حجر نيزكي هائل قد أدّى، منذ 65 مليون عام، إلى انقراض بعض الأجناس الحيوانيّة، ولا سيّما الديناصورات.

وفي بعض الأوقات من السنة، حوالى 12 آب/أغسطس أو حوالى 9 تشرين الأوّل/اكتوبر، مثلا، تقطع الأرض مدارات المذنبات التي تتراكم على امتدادها كوَم الحطام. وعندما تخترق الجوّ الأرضيّ، تؤلّف هذه البقايا نجوماً مذنّبة بأعداد كبيرة حتى يقال: إن هناك أمطاراً من النجوم المذنبة.

دلّت الحسابات على أنّ الأرض تتضخّم، كل عام، بنحو 000 10 طن، وذلك من جرّاء المادّة التي «تكنّسها» في الفضاء. □



الكوكب جوبيتر وقد صَدَمَهُ مُذنّب

في تموز/يوليو 1994 تابع الفلكيّون سقوط أجزاء من المذنب شوماكر ـ ليفي 9 على جوبيتر. وقد عُوينت 21 قطعة تؤلف سبحة يزيد طولها على مليون كلم. وصدمت جوبيتر بسرعة تفوق الـ 000 200 كلم/س. والصدمة الكبرى تركت بقعة سوداء بضخامة الأرض.

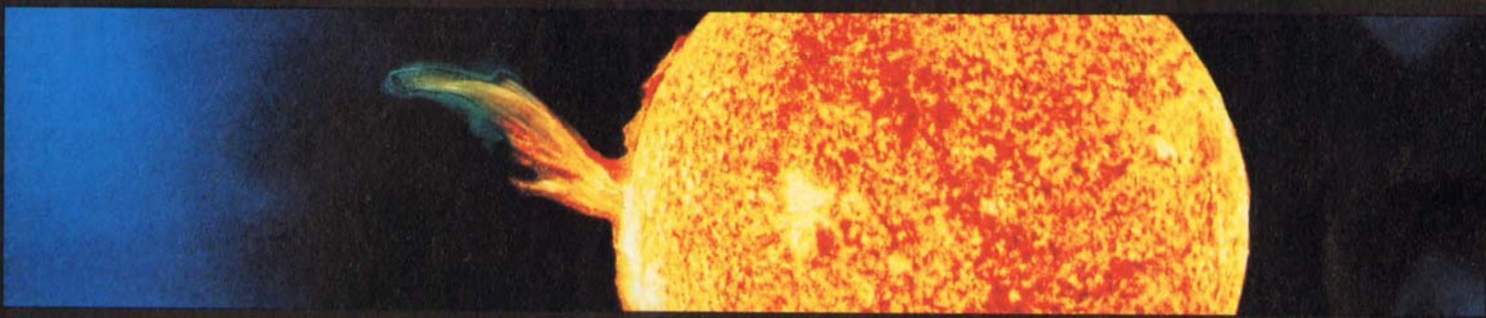


إن أكبر صدم وُجِد على الأرض هو نيزك كرايتر، في اريزونا (الولايات المتحدة). وله من القطر 200 1 م و 180م من العمق.

يُعتقد أن الحجر النيزكيّ الذي حفر هذه الحفرة قد سقط منذ نحو 000 50 سنة.

نجوم و







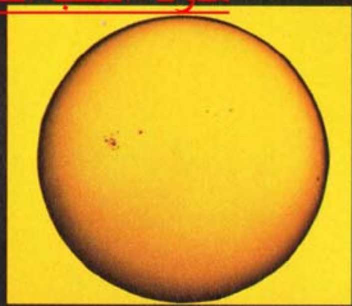




ومجرّات







الشمس هي النجمة الأقرب إلى الأرض. لذلك توصّل الفلكيون إلى رصدها أفضل من سواها. وهكذا يستطيعون معرفة تركيبها وفهم كيفيّة تأثيرها في كوكبنا.

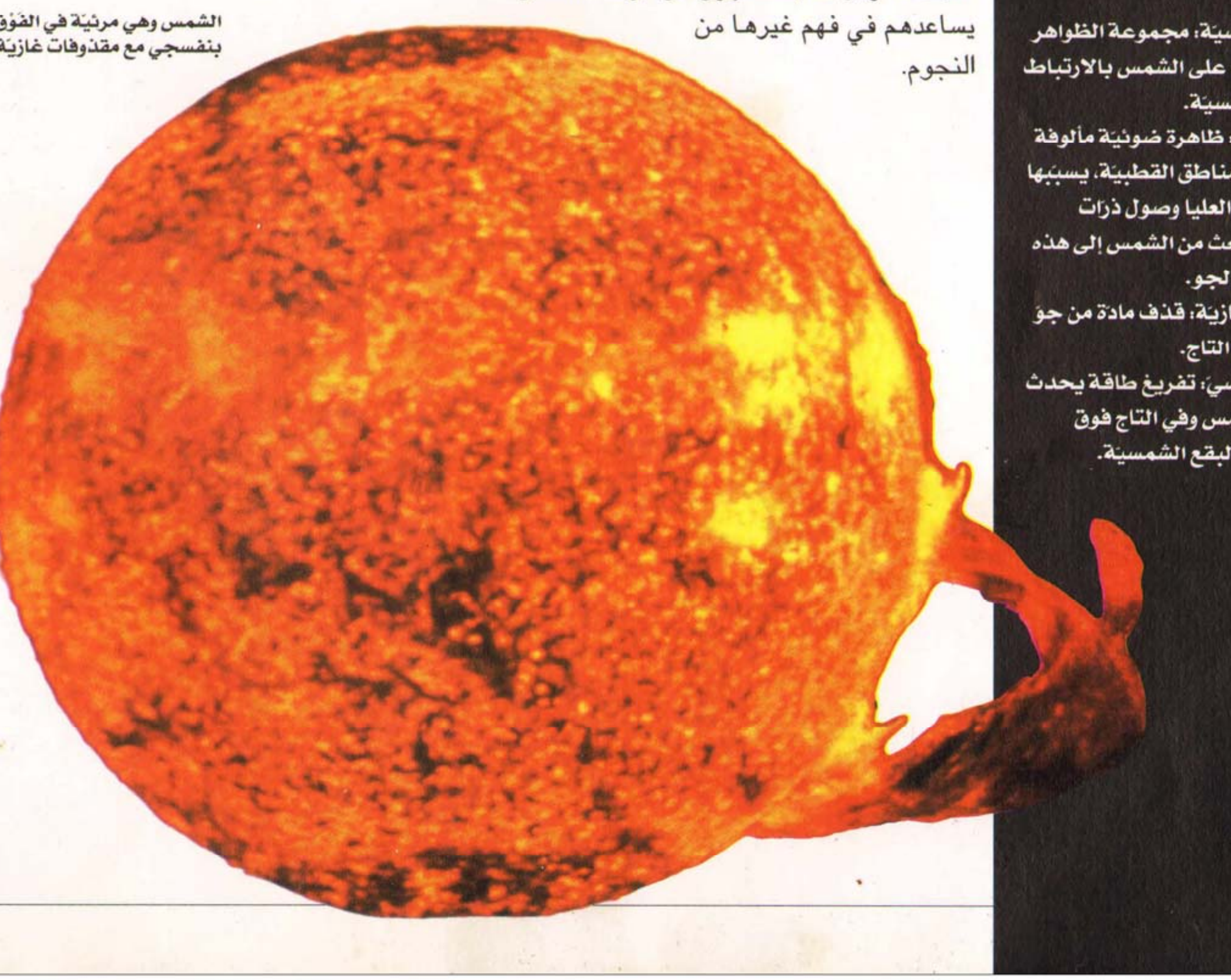
الشـمـس

هي النجمة المعروفة أكثر من سواها بسبب قربها. حتى أنّ الفلكيين يميّزون تفاصيل على سطحها (على امتداد 150 كلم للأدقّ منها). والشمس عملاقة بالنسبة إلى الأرض. قد يتّسع حجمها لـ 000 300 1 كوكب مثل كوكبنا، أمّا على امتداد قطرها، فبالإمكان رصف 109 كواكب. فهي كرة هائلة من الغازات الشديدة الحرارة تفوق كتلتها كتلة الأرض بـ 000 300 مرة. أمّا الجاذبيّة على سطحها فهي أقوى من جاذبيّة الأرض بنحو 28 مرّة. الشمس، مع ذلك، نجمة عاديّة جدًا. ومن حسن حظ الفلكيين أنهم يستطيعون دراسة هذه النجمة المبتذلة، وكل ما يستنتجون من دراسة الشمس، يساعدهم في فهم غيرها من النجوم.

سطح الشمس النيّر

ينتج نور الشمس المُعمي عن طبقة تقلّ سماكتها عن 300 كلم، وهي **سطح الشمس النيّر**. وهذه الطبقة هي التي تجعلنا نتخيّل أن الشمس يحدّها حَرْف واضح. وحرارتها هي 000 6 درجة مئويّة تقريباً. إذا نظِرَ إليها بالمقراب بَدَت كشبكة من الخلايا المتلألئة أو من حُبَيبات في تحرّك دائم. كل حبيبة هي كرة غاز يوازي حجمها حجم بلاد مثل فرنسا. تنشأ، وتتحوّل وتختفي بنحو عشر دقائق.

يُظهر سطح الشمس، في بعض الأماكن، بقعاً قاتمة تُسمّى البقع الشمسيّة، وقد تعمّق العلماء



الشمس وهي مرئيّة في الفَوْق بنفسجي مع مقذوفات غازيّة.

- تـاج: الطبقة العليا من جوّ الشمس، التي تمتدّ إلى ما وراء جوّ الشمس.
- جوّ الشمس: الطبقة السُفلى من جوّ الشمس التي تعلو سطح الشمس النيّر.
- رياح شمسيّة: فَيْض من الذرّات السريعة جداً ينبعث دائماً من الشمس.
- سطح الشمس النيّر: طبقة ضوئيّة سطحيّة من الشمس.
- شمـس: نجمة تدور حولها الأرض وسائر كواكب النظام الشمسيّ.
- شوكة: دفق دقيق من المادّة بشكل سنبلة، وهو العنصر المكوّن لجو الشمس.
- فاعليّة شمسيّة: مجموعة الظواهر التي تُشاهد على الشمس بالارتباط بالبقع الشمسيّة.
- فجر قطبي: ظاهرة ضوئيّة مألوفة في سماء المناطق القطبيّة، يسبّبها في الأجواء العليا وصول ذرّات مكهربة تنبعث من الشمس إلى هذه الطبقة من الجو.
- مقذوفات غازيّة: قذف مادّة من جوّ الشمس إلى التاج.
- هيجان شمسي: تفريغ طاقة يحدث في جوّ الشمس وفي التاج فوق منطقة من البقع الشمسيّة.

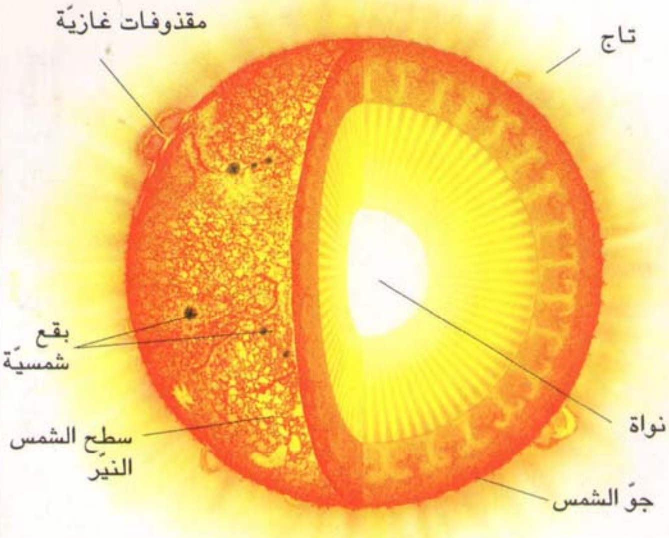


مغيب الشمس

في دراستها منذ اختراع المنظار والمقراب.
بمراقبتها يوماً بعد يوم، يُلاحَظ أنّها ليست دائماً في المكان نفسه. وهذا التحرّك دليل على أنّ الشمس تدور على نفسها.

جو الشمس والتاج

عند الكسوف الكلي، عندما تختفي أسطوانة الشمس المُعْمية وراء القمر، يُلاحظ عند المحيط، إطار ورديّ فاقع، هذا هو **جو الشمس**، ووراءَهُ هالة فضيّة غير منتظمة تكوّن **التاج**.
فجو الشمس والتاج هما المناطق الخارجيّة للشمس.
ولا يُريان، عادةً، لأنّهما أقلّ إضاءة من سطح الشمس النيِّر. يرتفع جو الشمس إلى نحو 5 000 كلم فوق سطح الشمس. وهو منتفش بدفعات صغيرة من الغازات الشديدة السخونة تُسمّى **الشوكات**. تتزايد حرارته مع الارتفاع فتبلغ عند القمّة 20 000 درجة مئويّة. التاج الذي يغلف جو الشمس يخفّ شيئاً فشيئاً في الفضاء وليس له من حدود خارجيّة واضحة. وهو رقيق جدًّا وبالغ السخونة: تتجاوز حرارته المليون درجة مئويّة. بين الفينة والفينة، وبآلات خاصّة، تشاهد بعض المناطق من جوّ الشمس وهي تصبح فجأةً متلألئةً: وهذه هي **هيجانات** شمسيّة. ثم ترتفع دفقات من الغازات، **المقذوفات الغازيّة**، في جوّ الشمس والتاج. وعندما تُشاهَد مُسْقَطة على الشمس، تبدو **المقذوفات** الغازيّة لخيوط مُعْتِمة. تنطلق من التاج، باستمرار، موجة من الحبيبات السريعة، هي **الرياح الشمسيّة**.



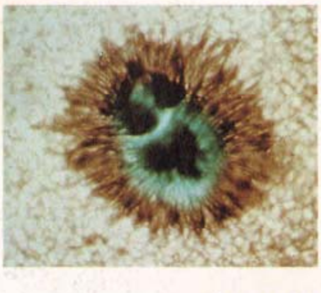
مقطع الشمس

داخل الشمس

لا يمكن، طبعاً، أنْ يُرى داخل الشمس، ولكنّ دراسة سطحها وطبقاتها الخارجيّة، تدلّ الفلكيين على تركيبها الداخليّ. ومع احتوائه على كل العناصر البسيطة المعروفة على الأرض، تتكوّن كتلته من 98 % من الهيدروجين والهليوم (73 % من الهيدروجين و 25 % من الهليوم).
تشتد الحرارةَ شيئاً فشيئاً، وتصبح المادّة مضغوطة أكثر فأكثر في اتجاه نواة الشمس. في النواة نفسها، تبلغ الحرارة نحو 15 مليون درجة مئويّة، وتصل الجاذبيّة إلى 100 مليون ضعف جاذبيّة الأرض، وبهذا السعير تتكتّل ذرّات الهيدروجين تكتّلاً رباعيًّا وتتحوّل إلى ذرّات هِلْيوم. هذا التفاعل يُطلِق سخونةً ونوراً. وهذا ما يتيح للشمس أن تتلألأ. يتحوّل كل ثانية، 400 مليون طن من الهيدروجين إلى هليوم في قلب الشمس. والمنطقة التي تتمُّ فيها هذه التفاعلات لا تكوّن إلا ربع شعاع الشمس، ولكنها تحتوي على نصف كتلتها. النور المنبعث من هذه المنطقة المركزيّة لا يبلغ السطح إلاّ بَعْدَ مليوني سنة! □

بقعة شمسيّة

تبدو البقع الشمسيّة مُعْتمة لأنها أقلّ سخونة من المناطق المجاورة. وهي، في أكثر الأحيان، متزاوجة، وتتصرف كقطبي مغناطيس هائل. يمكن أن تظل مرئيّة عدّة أسابيع. وعدد البقع التي تُشاهَد على الشمس يتغيّر حسب دورة من إحدى عشرة سنة.



التاج الشمسيّ

هذا الغلاف الغازيّ الهائل يمتدّ على عدّة ملايين من الكيلومترات وراء حَرْف الشمس. يتغيّر مظهره بتغيّر دورة فاعليّة الشمس. فهو مدوّر منتظم عندما تكون الشمس شديدة الفاعليّة، وينتفش بدفقات في مرحلة الشمس «الهادئة».



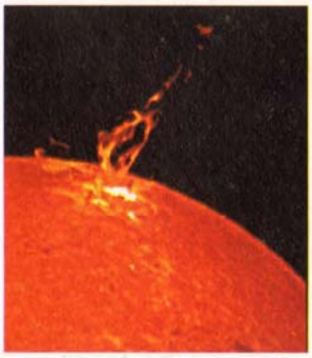


مقذوفات غازيّة من الشمس

الفـاعليّة الشمسـيّة ورصـد الشـمـس

هيجان شمسيّ

عند الهيجان الشمسيّ، تنطلق كميّة هائلة من الطاقة كانت في جو الشمس وفي التاج. والمادّة المقذوفة في التاج والحبيبات الذريّة المسرَعة تُفرَغ في الوسط البيسيّاري.

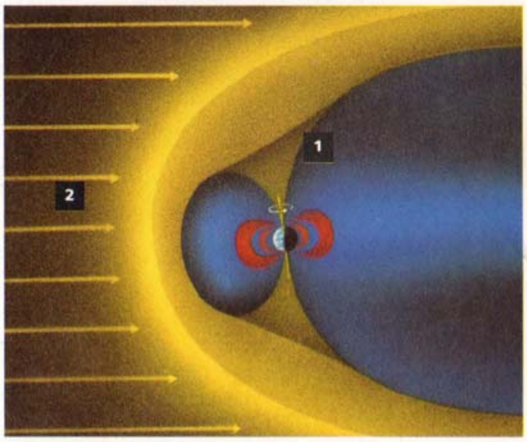


تترافق هذه الظواهر مع بث أشعّة إكس وموجات لاسلكيّة، وفي حال الهيجانات العنيفة، هناك نور مرئيّ.
عندما تصل إلى جوار الأرض وتقع في الجو، ولا سيّما فوق المناطق القطبيّة، تكوّن الحبيبات فجراً قطبيًا. وتشوّش أيضاً انتشار الموجات اللاسلكيّة حول الكرة. وتعطل، أحياناً، شبكات توزيع الكهرباء.

كلّما تطوّرت آلات الفِلاكة، تقدّم العلماء في رصد الخلل في الشمس: البقع في سطح الشمس النيِّر؛ والهيجانات الشمسيّة، و**المقذوفات الغازيّة**؛ والأسلاك في **جو الشمس**؛ ودفقات الغاز في **التاج**. يعرف العلماء اليوم أن كل هذه الظواهر مترابطة. وهي تؤلّف **الفاعليّة** الشمسيّة. ويتبدّل تردادها وشدّتها حسب دورة من أحد عشر عاماً، تقريباً. وخلال هذه المرحلة يمرّ عدد البقع الشمسيّة بحدٍّ أدنى وبحدٍّ أقصى. الحدّ الأقصى المنتظر كان سنة 2000. والفاعليّة الشمسيّة لا تزال تكتنفها الأسرار، ولكنّ العلماء يعرفون أنها مرتبطة بمغنطيس الشمس وبدورانها.

العلاقات بين الشمس والأرض

عندما تصبح الشمس أكثر فاعليّة، تعلو سطحها بقعٌ ويُشاهَد المزيد من الهيجان الشمسي. وهذا ما يطلق في الفضاء هبّات من الإشعاعات غير المرئيّة: أشعّة إكس وأشعّة فوق بنفسجيّة وموجات لاسلكيّة. ويترافق ذلك أيضاً مع قذف موجة قويّة من الحبيبات الذريّة المشحونة كهربائياً:
هذه هي **الرياح الشمسيّة**.
والتي تمتلك المزيد من الطاقة تصل إلى الأرض ببضع ساعات، وتتراكم حول كوكبنا، مكوّنة أحزمة إشعاع. أمّا الحبيبات الأخرى فتمضي يوماً أو يومين لتصل إلينا، وتنحرف بتأثير درع الأرض المغنطيسي فيجذبها قطبا الأرض المغنطيسيّان. بوقوعها في الجو، تحدث ومضات ملوّنة جميلة، وهذا ما يسمّى **الفجر القطبي** في نصف الكرة الشمالي، يسمّى الفجر شماليًا، وفي نصف الكرة الجنوبي يسمّى جنوبيًا. ولهذا الفجر مظهر بسط القماش الكبيرة المحمرّة أو المخضرّة المتموّجة في السماء.

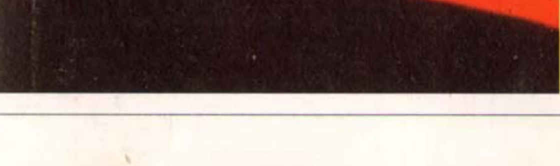


درع الأرض المغنطيسيّ

حول الأرض درع مغنطيسي يغيِّر اتجاه الرياح الشمسيّة، وهي موجة من الحبيبات السريعة جداً التي تبثها الشمس، والحبيبات الأكثر شحناً بالطاقة تتراكم حول الأرض في مناطق تُسمّى «أحزمة الإشعاع».

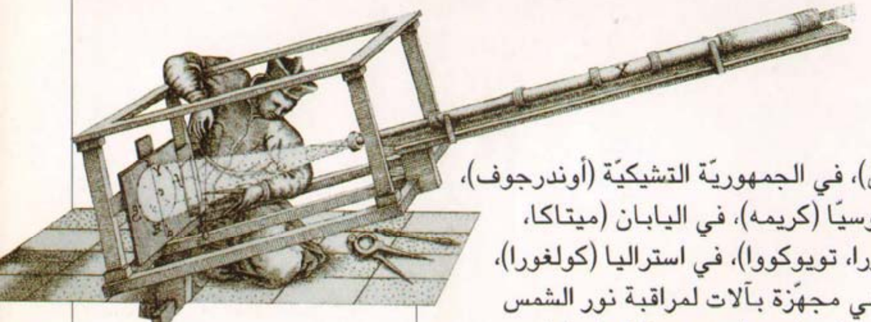
التأثير في المناخ

يبدو أن التغيّرات في الفاعليّة الشمسيّة لها ارتدادات في مناخ الأرض. وهكذا، بين 1645 و 1715 لم تلاحظ أيّة بقعة على الشمس، وقد تزامنت هذه المرحلة مع السنين الأكثر برودة، سنين «العصر الجليديّ الصغير»، وهي المرحلة التي كانت فيها الحرارات، بصورة استثنائيّة، منخفضة في أوروبا. أمّا منذ بداية القرن العشرين فقد كانت الشمس فعّالة جدًا، ومعدّل الحرارة على سطح الأرض قد ارتفع بعض الشيء.





فجر قطبي



وقد اكتُشِفَ الكثير من الصلات المماثلة بين فاعليّة الشمس، وحقبات البرد أو القيظ على سطح الأرض. ولكنّ العلماء لا يزالون يجهلون الصورة الدقيقة التي تؤثّر بها تغيّرات فاعليّة الشمس في المناخ.

المَراقِب الشمسيّة

هناك مراقب لدراسة الشمس موزّعة في جميع أنحاء العالم:
في الولايات المتحدة (كيت بيك، ساكرا منتو بيك، بيغ بير) في إسبانيا (كناري)، في فرنسا (ميرون)، في الجمهوريّة التشيكيّة (أوندرجوف)، وفي روسيّا (كريمه)، في اليابان (ميتاكا، نوريكورا، تويوكووا)، في استراليا (كولغورا)، الخ. وهي مجهّزة بآلات لمراقبة نور الشمس وتحليله. المقاريب المخصصة لدراسة الشمس لها طول بوْريّ كبير يصل أحياناً إلى 100 متر، لكي يؤمّن صوراً للشمس ذات قطر من عدّة عشرات من السنتيمترات. وهي مركّزة داخل أبراج شمسيّة تتيح تلقّي أنوار الشمس على ارتفاع عدّة عشرات من الأمتار فوق الثرى. فالحرارة في الواقع، تُحدِث اضطراباً في الهواء يشوّش الصُّوَر. وهناك جهاز من المرايا يتيح تتبّع الشمس في السماء، وتحويل نورها إلى المقراب.



مقذوفات غازيّة من الشمس

مِرْسَمَة الطيف الشمسيّ والمِكلال

بواسطة مِرْسمة الطيف الشمسيّ، يمكن الحصول على صور للشمس بلون واحد. واللون المختار، في أكثر الأحيان، هو لون إشعاع الهيدروجين الأحمر. والمِكْلال (مِكْشاف إكليل الشمس) هو منظار خاص يتيح حَجْب أسطوانة الشمس المُعمية. وهكذا تصبح بالإمكان رؤية الإكليل خارج كسوف الشمس الكلّي. ولأفضل استفادة من هذه الآلة، ينبغي تركيزها في الجبل حيث الهواء نقي. بعض المقاريب اللاسلكيّة تُستعمَل لتسجيل الموجات اللاسلكيّة التي تبثها الشمس. أمّا الإشعاعات غير المرئيّة الأخرى (إشعاع فوق بنفسجي، أشعة إكس...) فتُدرَس بواسطة آلات توضع على أجهزة فضائيّة.

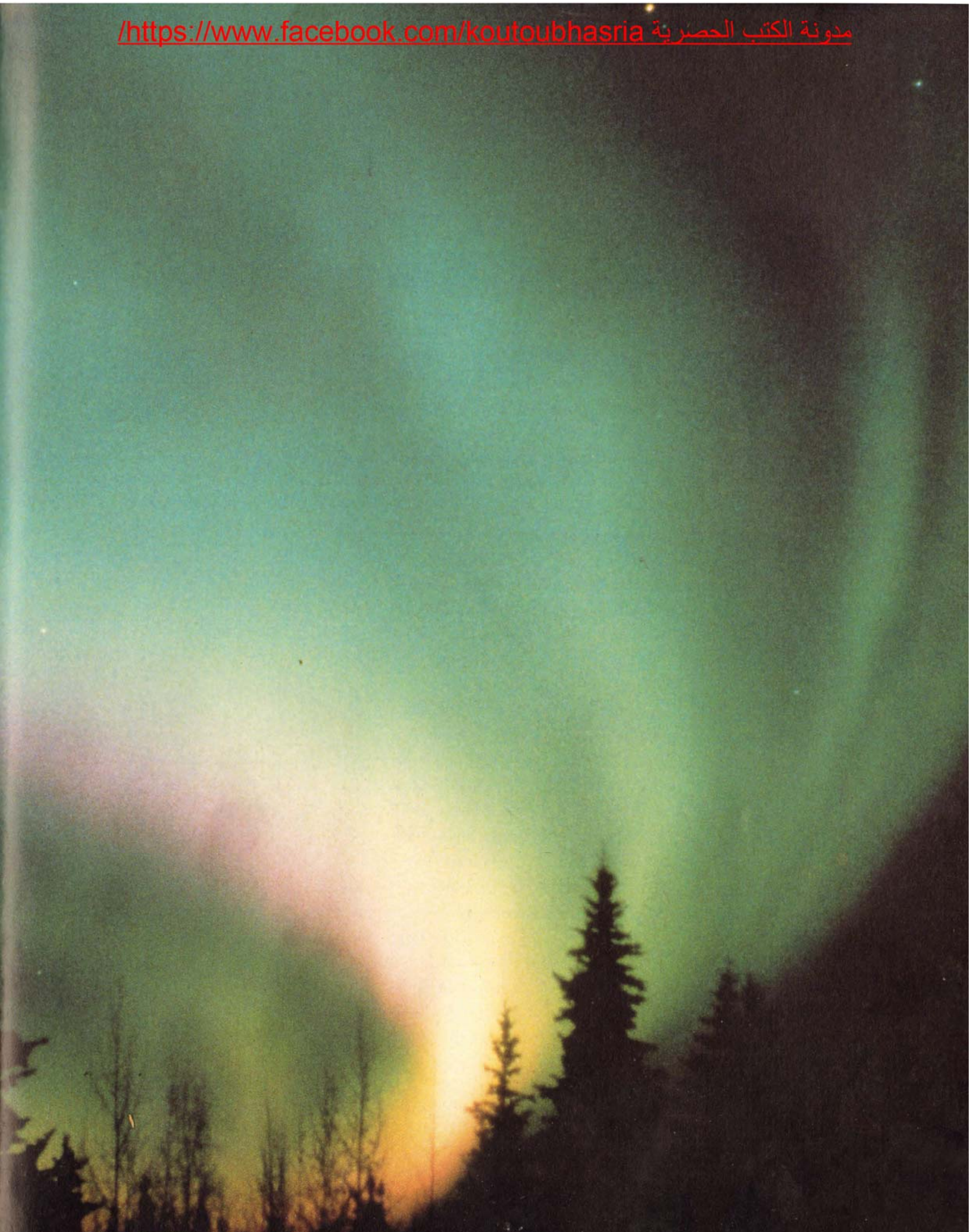
مراقبة البقع الشمسيّة

هناك طريقة سهلة لمراقبة البقع الشمسية، اتبعت منذ اختراع المنظار. وتقتضي اسقاط صورة الشمس على شاشة بيضاء موضوعة في بؤرة المنظار أو المقراب. فتبدو البقع كنقاط صغيرة مظلمة على الشاشة.

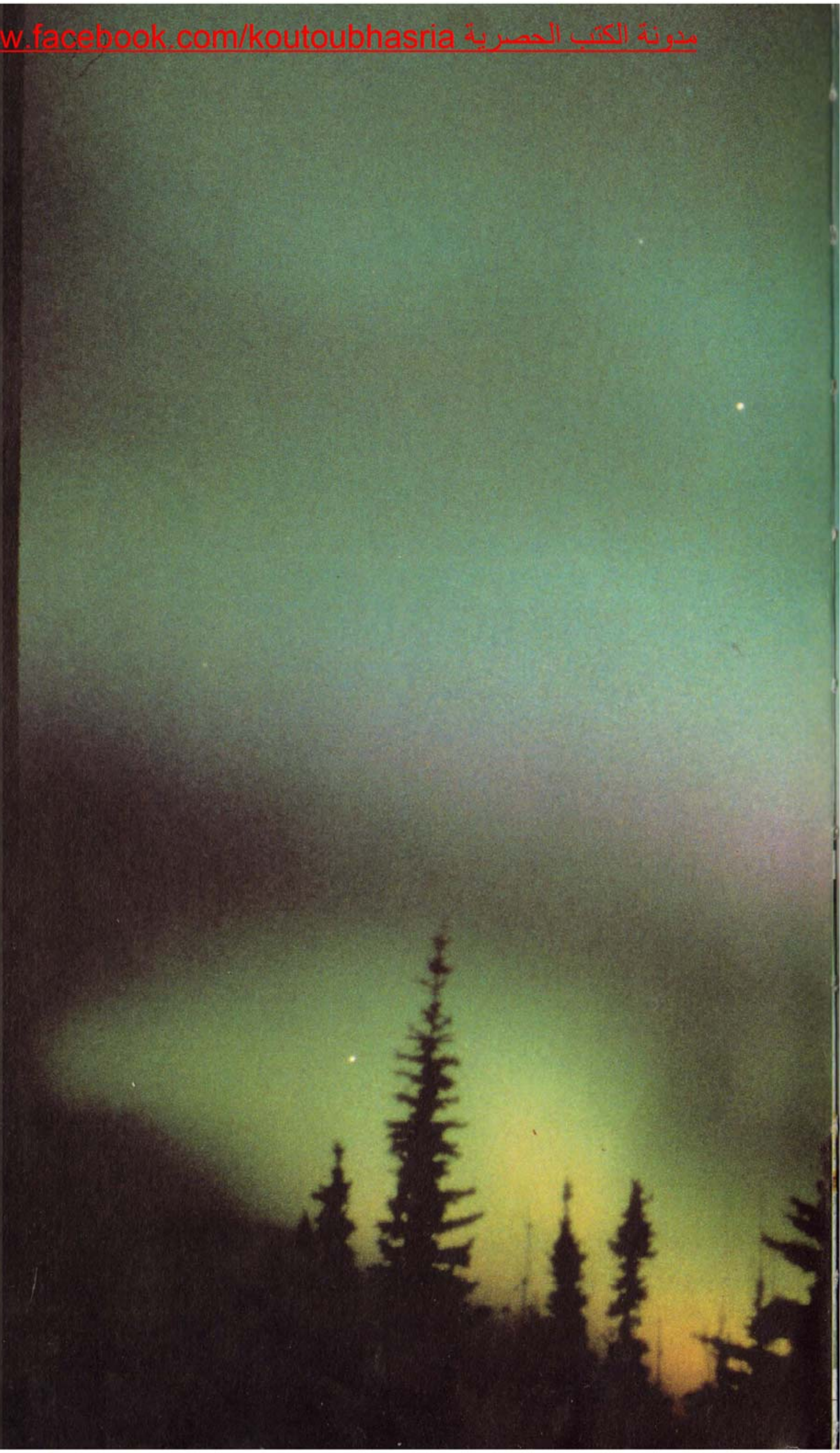


مختبـر تحتَ الأرْض

في مختبر غران ساسو، في شمالي ايطاليا، يُستعمَل كاشف تحت أرضيّ هائل، مركز تحت جبل، ليلتقط حبيبات ذرّيّة تكاد لا تُلتقط. وهذه الحبيبات تزوّد الفلكيين معلوماتٍ حول داخل الشمس.







فجـر قطبـي

هذا المشهد المألوف عند سكّان الألسكا وغرونلند، أو سكان أوروبا الشمالية، مشهد الفجر القطبي يشكّل أحد أجمل المشاهد السماوية. وهو شبيه بمشهد بُسُط من القماش متلألئة محمرة أو مخضرة تنبسط وتتموج على طول آلاف الكيلومترات. ويُسمّى شماليًا في نصف الكُرة الشمالي وجنوبيًا في نِصف الكُرة الجنوبي. وقد يظهر الفجر القطبيّ بعيداً عن القطبين، في البلدان المعتدلة المناخ.

وأوّل وصف علميّ لفجر قطبيّ شماليّ قام به، عام 1621، العالِم الفرنسيّ پيار غاسندي.



كالكائنات الحيّة، تولد النجوم، تتطوّر، تتحوّل وتنتهي بالموت. ولكنّ تطوّرها يتطلّب مدّة طويلة: ملايين وحتى مليارات السنين.

النجــوم

- ثُقب أسود: منطقة من الفضاء تسيطر فيها جاذبيّة هي من القوة بحيث لا يمكن أن ينجو منها شيء.
- جديدة عظمى: نجمة كثيفة بلغت مرحلة متقدمة من التطوّر، وهي تنفجر.
- سَديم: غيمة من الغاز والغبار قائمة في الفضاء الممتدّ بين النجوم.
- عملاقة حمراء: نجمة مُسنة تحوّل كل هيدروجينها المركزي إلى هليوم ويتمدّد وهو يبرد.
- عملاقة عظمى: نوع من النجوم المتلألئة جدا وذات القطر الكبير جدا.
- قزمة بيضاء: نجمة صغيرة كثيفة جداً، قليلة الإضاءة، تمثل المرحلة الأخيرة من تطوّر نجمة مثل الشمس.
- قزمة سوداء: قزمة بيضاء وصلت إلى نهاية حياتها وتوقفت عن بث النور.
- كُريّة: غيمة قاتمة، كرويّة تقريباً، مادتها بينجميّة تمثل المرحلة الأولى من تكوّن نجمة.
- نجمة أوّليّة: أوّل مرحلة يمكن رصدها لتكوّن نجمة.
- نجوم دقيقة: نجوم صغيرة جدا ذات مادّة مضغوطة بحيث تتحول إلى «هريسة» من الحبيبات الذريّة.

للوهلة الأولى، تبدو النجوم كلّها متشابهة. وهي، مع ذلك، شديدة الاختلاف، في أكثر الأحيان. لاستخراج صورة عنها، يدرس الفلكيون نورها بجميع أنواع الوسائل: كأنهم، بصورة من الصور، يستنطقون نورها.

ألَق النجوم

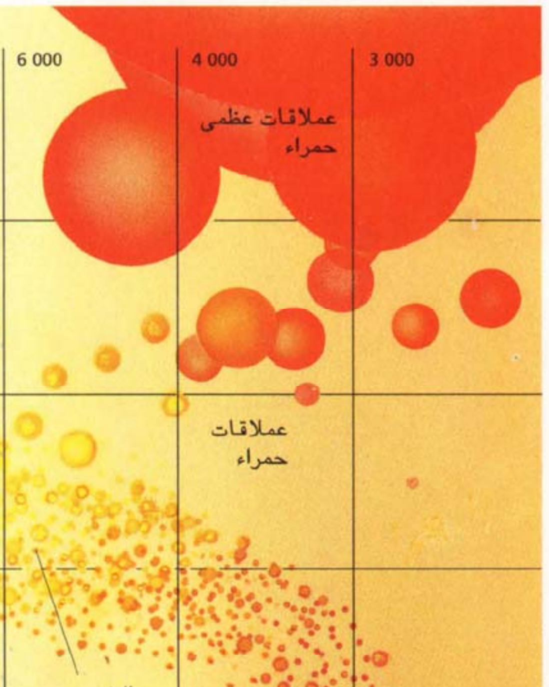
في السماء، تبدو لنا النجوم على تفاوت في اللمعان. ألقها يتوقف على كميّة النور التي تبثّها وعلى مسافتها. ويُعبّر عن هذا الألق بعدد: القَدْر. ويصغر العدد الذي يعبّر عن الألف بقدر ما يزيد لمعان النجمة (1) فالنجمة التي لها قدر واحد أقلّ من نجمة أخرى، هي أكثر لمعاناً من هذه الأخرى بمرتين ونصف؛ أمّا إذا كان لها خمسة أقدار أقلّ فهي أكثر لمعاناً بمئة ضعف. النجوم الأقلّ لمعاناً التي يمكن أن تُرى، بالعين المجردة، هي ذات قدر 6. وبواسطة المنظار، يصل الناظر إلى القدر 9. وبأقوى المقاريب الحالية، تكتشف أجرام ذات قدْر 26, وهي بمئة مليون مرّة أقلّ لمعاناً من أضعف النجوم التي يُمكن أنْ ترى بالعين المجردة. وللموازنة بين نورانيّة نجمة وأخرى، أي كميّة النور التي ترسلها في الفضاء، حدّد الفلكيون قدْراً مُطلقاً لا يرتبط بالمسافة.



اللون والحرارة

ليس لكل النجوم اللون نفسه: فبين الأكثر لمعاناً، سيريوس بيضاء، فيفا مزرقّة ألديباران وأنتارس محمرّتان... ومرد ذلك إلى حرارة سطحها المتفاوتة. فعندما تسخّن قطعة حديد تمرُّ بألوان مختلفة كلما ارتفعت حرارتها: فهي محمرّة في أول الأمر، ثم تميل إلى اللون البرتقاليّ ثم إلى الأصفر، ثمّ إلى الأبيض. كذلك تدلنا ألوان النجوم على حرارة سطحها: فالنجمة البيضاء هي أشد سخونة من النجمة الحمراء. والنجوم الأكثر سخونة زرقاء: وتتجاوز حرارة سطحها أحياناً 000 30 درجة مئويّة. ولا تدلنا دراسة نور نجمة على حرارتها فحسب، بل على تركيبها الكيميائي أيضاً، وكذلك على تحرّكها، الخ.

كل ما نعرفه عن النجوم يعلّمنا إيّاه نورها. وهذه المعلومات يحتوي عليها طيف النجوم الذي يتوصّل العلماء إليه بتحليل نورها إلى مختلف أنواره.

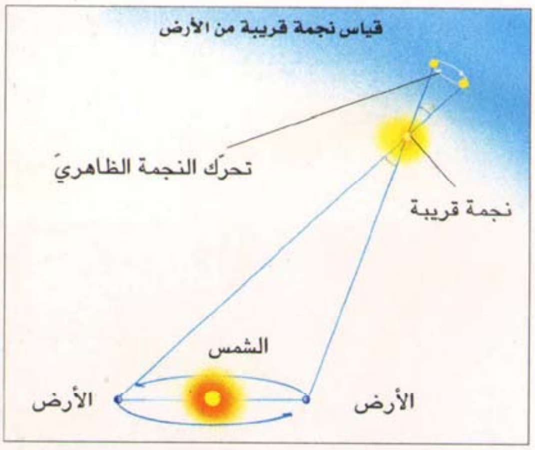




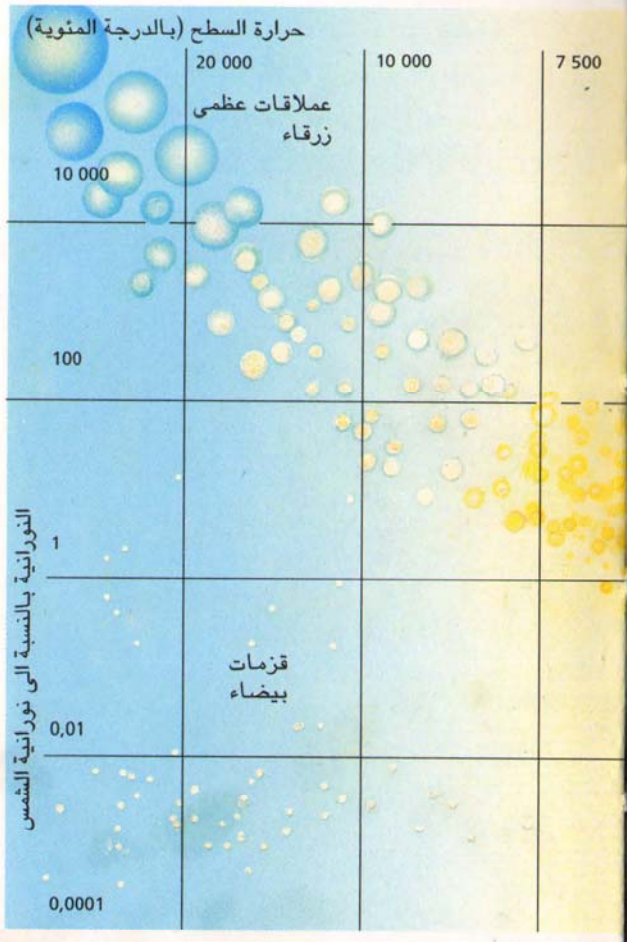
نجوم وسديم في درب التبانة

بُعد النجوم

إذا نُظِر إلى نجمة قريبة من الأرض بفاصل زمنيّ من ستّة أشهر، أي في فترتين تكون فيهما الأرض في وضعين متقابلين على مدارها، لا ترى هذه النجمة في المكان نفسه في عمق السماء.
لكون قطر المدار معروفاً (300 مليون كلم)، يمكن حساب الزاوية التي تبدو النجمة قد تحرّكت وَفْقَها في السماء. وتقاس المسافة بين النجمة والأرض انطلاقاً من قيمة نصف هذه الزاوية، ولا تُطبَّقَ هذه الطريقة إلا على النجوم الأقرب (بضعة آلاف).
أمّا بالنسبة إلى النجوم الأخرى، فالزوايا المطلوب قياسها صغيرة جداً. ولا يمكن تقدير بُعْدَها عن الأرض إلاّ بطرائق غير مباشرة.
فالنجوم، حتّى الأقرب منها، هي من البعد بحيث يصعب التعبير عن بعدها بالكيلومترات.
ويُفضَّل استعمال وحدة كبيرة جدًّا: سنة الضوء. وهي المسافة التي يقطعها النور بسنة في الفراغ. والنور هو الأسرع إذ يقطع، في الفراغ، مسافة 300 000 كلم بالثانية.
النجمة الأقرَب هي على بعد أكثر من 4 سنوات ضوء.
هذه النجمة المسمّاة القريبة هي من كوكبة

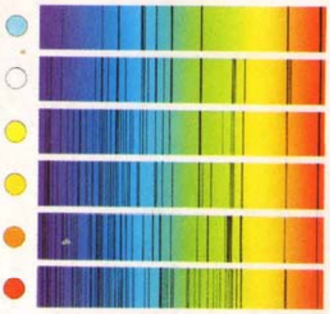


السنتور. وفي أكثر الأحيان، يكون النور الذي يصل إلينا من نجمة قد بُثّ منذ مئات أو آلاف السنين! □



الرسم التخطيطي لهرتسبرنغ - راسل

صنّف فلكيّان هرتسبرنغ وراسل النجوم استناداً إلى طيفها ونورانيّتها.
النجوم الأكثر عدداً هي من نوع الشمس. وتتوزّع على طول خط زاوية، وهي السلسلة الأساسيّة. وهناك عملاقات وعملاقات عظمى أكثر لمعاناً، وقزَمات بيضاء أقلّ لمعاناً بكثير. ■



الأنواع الأساسيّة الستة لأطياف النجوم

يختلف طيف النجوم باختلاف لونها.
والخطوط الكثيرة المتلألئة أو المعتمة تدلّ كل واحدة منها على وجود جسم كيميائي على سطح النجمة أو في جوّها الغازيّ. فهي، بشكل من الأشكال، بطاقة هُويّة النجمة.

كوكبة أوريون

هي واحدة من أجمل كوكبات السماء. بتلجيز، مثلاً، (في الأعلى، إلى اليسار) حمراء، في حين أن ريجيل (في الأسفل، إلى اليمين) زرقاء.





مشهد جزئيّ للغيمة الجزيئيّة رو اوفيوتشي

من الولادة إلى البلوغ

ولادة نجوم

يُعتبَر سديم الوردة (ادناه، منطقته المركزيّة) في اتجاه كوكبة الليكورن، مولداً كبيراً للنجوم. وفيه تُشاهد كريّات مظلمة كثيرة تمثّل نجوماً تتكوّن ولم تتلألأ بعد. يضمّ مجموعة من النجوم الصغيرة السن (عمرها أقلّ من مليون سنة) الشديدة السخونة. وإشعاع هذه النجوم «كَنَسَ» الغاز والغبار اللذين كانا في وسط السديم، ونثرهما في الفضاء بسرعة مذهلة.

تتمّ ولادة نجمة ما على مراحل وخلال ملايين السنين: ففي داخل غيمة جزيئيّة تتكوّن **كريّات** تتحوّل إلى **نجمات أوّليّة** ثم إلى نجمات.

الغيمات الجزيئيّة

في الفضاء غيمات هائلة من الغاز والغبار: هذه هي السُدُم. في بعضها تكون المادّة أشدّ كثافة وأشد ضغطاً: فتكوّن غيوماً جُزيئيّة. وهذه الغيوم تكون من الكِبَر بحيث يقضي النور عشرات السنوات لكي يعبرها. قد تبلغ كتلتها عدّة مئات المليارات من أضعاف كتلة الشمس. ومادّتها كثيرة البرودة (ـ 250 درجة مئوية إلى ـ 260 درجة مئويّة). وتسمّى غيوماً جزيئيّة لأنّ الغازات التي تحتويها موجودة بصورة جزيئات، بشكل عامّ، أي تكتّل ذرّات. وكل غيمة جزيئيّة في توازن هشّ. بتأثير اضطراب خارجيّ (كموجة الصدم الناتجة من انفجار نجمة قريبة، مثلاً)، قد يختلّ هذا التوازن. فينهار جزء من الغيمة بتأثير وزنه، وتبدأ مادّته بالتقلص. ثم تتقسّم الغيمة أجزاء صغيرة من المادّة.

الكـريّـات

الحطام الناتج عن تجزئة الغيمة الجُزيئيّة يتحوّل شيئاً فشيئاً إلى كرات قاتمة ضخمة تسمّى الكريّات.

يبلغ حجم الكريّة النموذجيّة حجم النظام الشمسيّ، وكتلة تتراوح بين ضعف ومئتي ضعف كتلة الشمس. وهي جسم شديد البرودة وشديد العتمة. ثمّ يُصبح شيئاً فشيئاً أكثر كثافة وأشد سخونة، ثم يتحول إلى نجمة أوّليّة تبدأ باللمعان.







مجموعة من النجوم الصغيرة السن: الثريّات

النجوم الأوّليّة

تستمرّ مادّة النجوم الأوّليّة في التقلّص. تبدو النجوم الأوليّة مغلفة بشرنقة من الغاز. تتلألأ ولكنّ ألقَها غير منتظم. وتندفع دفعات من الغاز شديدة السرعة في اتجاه قطبيها. وعندما تصل الحرارة، في وسطها، إلى 10 ملايين درجة مئويّة، تبدأ تفاعلات نوويّة: وهكذا يكون ميلاد نجمة. الوقت الضروريّ لنجمة أوّلية لكي تصبح نجمة يتوقّف على كتلتها: فهو يصل إلى 30 مليون سنة لنجمة مثل الشمس، ولكنّه بالنسبة إلى نجمة أشدّ كثافة بعشر مرّات، لا يتجاوز الـ 000 300 سنة.

النجوم الصغيرة السنّ

بعد أن تكون قد «أُضيئت»، تقتبس النجوم طاقتها من تحوّل الهيدروجين إلى هِلْيوم الذي يتمّ في مناطقها المركزيّة. مدّة هذا السياق تتوقّف على كتلة النجمة. فهو يمتدّ، بالنسبة إلى نجمة مثل الشمس، خلال 10 مليارات سنة، ولكنْ، لنجمة أشدّ كثافة بـ 3 مرّات، فهو ينتهي بـ 500 مليون سنة، وبالنسبة إلى نجمة أشدّ كثافة بـ 30 مرّة، فلا يتطلّب الأمر أكثر من 6 ملايين سنة. والنجوم الأثقل عند الولادة، هي الأكثر لمعاناً. □

مراحل تكوّن نجمة

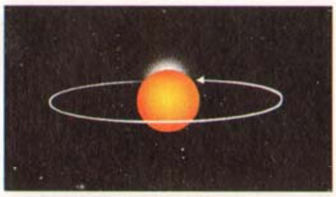
في منطقة غيمة جزيئيّة حيث المادّة، وهي أكثر كثافة، تبدأ بالانهيار بتأثير ثقلها (1). فتكوّن أسطوانة تدور أشدّ سخونة وأكثر كثافة (2) في المركز، حيث تُضاء نجمة أوّليّة تُطلق دفقات من المادّة (3). تغدو النجمة الأوليّة شيئاً فشيئاً ساخنة منيرة (4)، ثم تبدأ تفاعلات نوويّة:
وهكذا وُلِدَت النجمة.

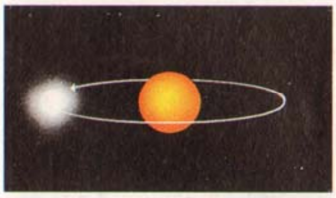


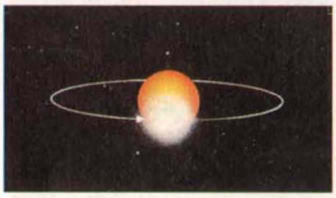
النجوم المزدوجة

في أكثر الأحيان، حيثما نرى نجمة تكون نجمة أخرى. وقوة الجاذبيّة تمنعهما من الافتراق، فتدور الواحدة حول الأخرى.

فهي نجمة مزدوجة أو (ثنائيّ) ألغول هو ثنائي ذو كسوف. وهو مكوّن من نجمة زرقاء شديدة اللمعان ونجمة صفراء أضخم ولكنها أقلّ لمعاناً.







يتضاءل ألقهُ تضاؤلاً شديداً إذا مرّت النجمة الصفراء أمام النجمة الزرقاء، ويتضاعف التضاؤل إذا مرّت الزرقاء أمام الصفراء. وهذه التغيّرات تحدث كل 2,867 يوماً. وهناك نجوم ثلاثيّة ورباعيّة، الخ.



السديم الكوكبي هيلكس

الشـيخوخـة والمـوت



الجديدة الأسمى SN 1987A

في غيمة ماجلان الكبرى، وهي مجرة صغيرة قريبة من كوكبنا، ومرئية في نِصف الكُرة الجنوبي، كانت توجد النجمة SK 69202، عملاقة عظمى أشدّ كثافة من الشمس بـ 15 إلى 20 مرة.



لم يكن الفلكيّون يُعيرونها أي انتباه إلى أن انفجرت.

في 24 كانون الثاني/يناير 1987، اشتدّ ألق النجمة بعنف وصارت الجديدة الأسمى الأشدّ لمعاناً منذ 400 سنة. وباعتبار المسافة، فقد تمّ الانفجار منذ نحو 000 170 سنة.

عندما يقلّ الهيدروجين في وسط نجمة، يتقلّص قلبها ويُصبح أشدّ سخونة. لا يزال الهيدروجين وافراً على أطراف النجمة حيث يتابع تحوّله إلى هلِيوم. فتتضخّم النجمة ويميل لونها إلى الاحمرار. فتصبح **عملاقة حمراء**. يبلغ قطرها من 10 إلى 100 ضعف قطر الشمس. وفي الوسط تبدأ تفاعلات نوويّة: فيتحول الهليوم المنتشر في قلب النجمة إلى كربون. ثم تتوقف نهاية حياة النجمة على كتلتها.

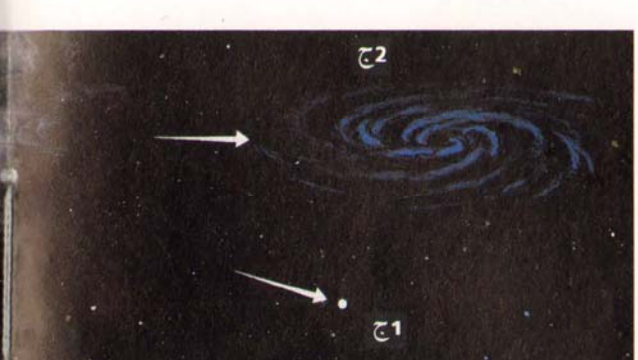
القَزمات البيضاء

إنّ النجمات الأخفّ التي لا تفوق كتلتها 1,4 ضعف كتلة الشمس، تصبح في أوّل الأمر غير منتظمة. فتقذف في الفضاء طبقاتها الخارجيّة التي تكوّن حول النجمة كرة من الغاز ممدّدة أي **سديماً كوكبيًّا**. عندما يكون كل الهلْيوم الموجود في قلب النجمة قد تحوّل إلى كربون، تتقلص النجمة من جديد ولكنّها لا تبلغ سخونة كافية لإطلاق تفاعلات نَوويّة جديدة. فتصبح **قَزمة بيضاء**: أي نجمة صغيرة بحجم الأرض ولكنّ ملعقة منها تزن طنًّا. وهذه النجمة تبرد، ويخفّ ألقها شيئاً فشيئاً، وتموت. ولا يبقى إلا **قزمة سوداء** تكون من البرودة بحيث لا تضيء.

الجديدة الأسمى

إنّ النجوم الأشدّ كثافةً تولّد عناصر كيميائيّة أثقل، مثل الحديد. تتضخّم وتصبح **عملاقات عظمى** قد يصل قطرها إلى 000 1 ضعف قطر الشمس. ينتظم داخلها في سلسلة من الطبقات تسخن شيئاً فشيئاً ويخف وزنها شيئاً فشيئاً في اتجاه الخارج، وهي من غازات مختلفة. ثم تنفجر فجأةً، وتتناثر مادّتها في الفضاء. وهي أسهم ناريّة حقيقية. تصبح النجمة، بعنف، أشدّ لمعاناً من الشمس بـ 10 مليارات مرّة. وهذا ما يُسمّى **جديدة أسمى**، إذ يبدو الأمر كأنّ نجمة جديدة قد انبجست في السماء.

بعد الانفجار، لا يبقى من النجمة إلاّ قلبها الذي يصبح، حسب كتلتها، إمّا **نجمة دقيقة** وإمّا **ثقباً أسود**.





شيخوخة نجمة ما وموتها

I: تصبح نجمة كثيفة عملاقة عظمى حمراء (أ) ، وتتحوّل بالانفجار إلى جديدة أسمى (ب). ثم يتحوّل قلبها إمّا إلى نجمة دقيقة (**1** ج)، وإمّا إلى ثقب أسود (**2**ج).

II: وتتحوّل نجمة أخفّ، مثل الشمس، إلى عملاقة حمراء (أ)، وتقذف طبقاتها الخارجيّة التي تكوّن سديماً كوكبيًّا (ب). ثم تصبح النجمة سديماً أبيض (ج)، ينطفىء شيئاً فشيئاً ليولد قَزَمة سوداء (د).



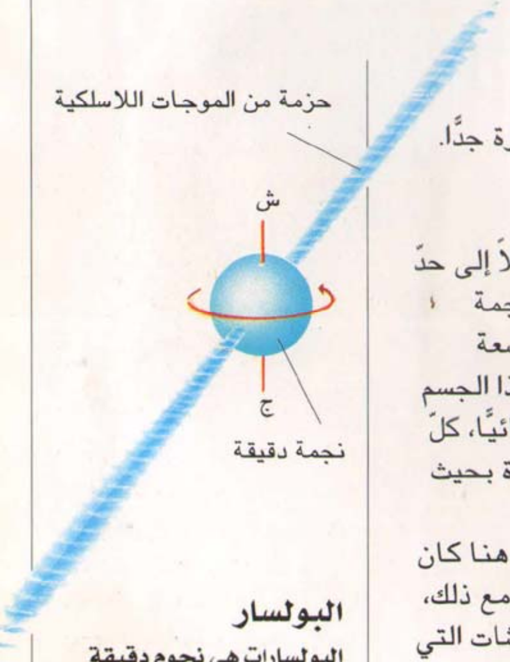
بقيّة جديدة أسمى، سديم الحُجُب

النجوم الدقيقة

إنّ انفجار عملاقة عظمى لا يدمِّرها تدميراً كاملاً. وهو يجرّد قلبها المكوّن من جديد. يتلقّى هذا الأخير ضغطاً هائلاً ويتحول، في بادىء الأمر، إلى كتلة صغيرة ذات قطر من نحو عشرين كيلومتراً فقط، ويزن السنتيمتر المكعّب منها 500 مليون طن. ولتحويل الأرض إلى جرم بهذه الكثافة ينبغي، بلا تغيير كتلتها، أن تُختصر بكتلة يبلغ قطرها 30 متراً.
في ما يتبقّى من النجمة، تكون المادّة مضغوطة ضغطاً عنيفاً يسحق ذرّاتها. فتتحوّل إلى حبيبات ذريّة تسمّى الكهيربات المحايدة. هذه النجوم الدقيقة (أو الكهيربات المحايدة) هي من الصغر وخفوت الضوء بحيث لا تُلاحظ. ولكنّ الفلكيين قد حدّدوا، مع ذلك، بعضاً منها، وهي البولسار، لأنّها ترسل إشعاعات تصل إلينا بشكل ذبذبات دوريّة قصيرة جدًّا.

الثقوب السوداء

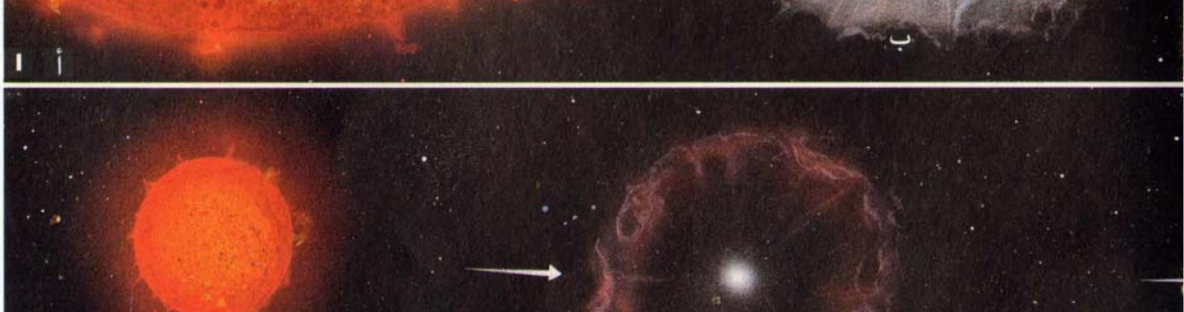
إنْ كان قلب النجمة التي انفجرت ثقيلاً إلى حدّ ما، تحوَّل إلى جسم أشدّ غرابة من النجمة الدقيقة: وهو ثقب أسوَد يبلغ قطره بضعة كيلومترات ولكنّ كثافته لا تصدَّق. لهذا الجسم من قوة الجاذبيّة ما يجعله يبتلع، نهائيًّا، كلّ ما يقترب منه! فجاذبيّته هي من القوة بحيث يستحيل خروج أي شيء منه.
يحتجز الثقب الأسود حتى نوره، ومن هنا كان اسمه. فهو غير مرئيّ، ولكنّ الفلكيين، مع ذلك، يستطيعون أن يكتشفوه بسبب التشويشات التي يُحدثها حوله.



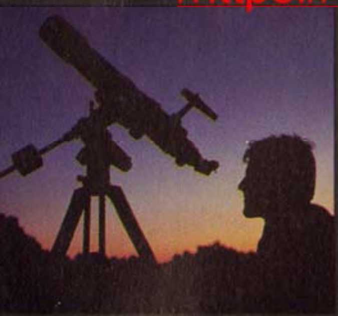
البولسار

**البولسارات هي نجوم دقيقة تدور على نفسها بسرعة، وهي تُرسل حزمة من الموجات اللاسلكيّة، أو إشعاعات أخرى في اتجاه معيّن.
هذه الحزمة تكنس الفضاء كفانوس سيّارة الشرطة الدوّار وإذا اجتازتها الأرض يمكن رؤيتها. ثم تختفي، وتُرى من جديد عندما تدور النجمة دورة كاملة بعد كَسْر من الثانية أو بضع ثوان. هكذا اكتشفت عدّة نجوم دقيقة يسمونها البولسارات، التي نتلقّى إشعاعها في فترات منتظمة، كما لو كانت هذه النجوم تطرأ عليها ذبذبات.
وقد اكتشفت البولسارات الأولى عام 1967 في مرصد كمبردج البريطاني.**





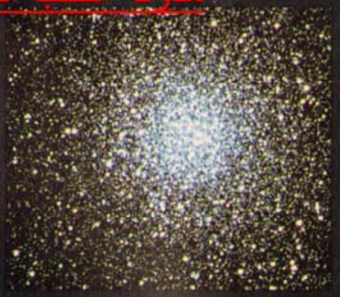




رأس الحصان

عندما تُراقب السماء الليلية بواسطة منظار فلكي أو بواسطة مقراب، تُكتشف طرف لا تخطر بالبال في حال النظر بالعين المجردة. فهي، مثلاً، سُدُم أي غيوم هائلة من الغاز والغبار منتشرة بين النجوم. وأهمها السديم المسمى «رأس الحصان» بسبب شكله. وهو غيمة من الغبار البيْنجمي التي يبرز خيالها المظلم على سديم آخر مُضاء ومرئي في اتجاه كوكبة أوريون، وهو قائم على مسافة 100 1 سنة ضوئية.





الكون معمور بجزر هائلة من المادّة مكوّنة من آلاف النجوم وسُدُم الغاز والغبار: هذه هي المجرّات. والتي تحتوي النظام الشمسيّ ترسم في السماء درب التبّانة.

المجـــرّات

◐ بصلة: جزء مركزي منتفخ، من مجرة حلزونية.

◐ تجمّع (مجرّات): مجموعة من عشرات إلى آلاف المجرّات.



◐ تجمّع أسمى: تجمّع المجرات.

◐ سديم: غيمة من الغاز والغبار قائمة في الفضاء وتمتدّ بين نجوم مجرة.

◐ كازار: نواة كثيرة الإنارة من نوع خاص من المجرات البعيدة جداً.

◐ مجرة: مجموعة من النجوم ومن المادة البيْنجمية (غاز وغبار) التي تظلّ مترابطة بتجاذب متبادل؛ وهي تكوّن جزيرة من المادة في الكون.

◐ مجرة فعّالة: مجرة من نوع خاص ترسل نواتُها كمية من الطاقة الاستثنائية.

◐ مجرّة لاسلكية: مجرة تكون مصدراً لموجات لاسلكية قويّاً جداً.

◐ نواة (مجرة): منطقة مركزيّة من مجرة حيث المادة الأكثر كثافة وتبث الكمية الأعظم من النور.

◐ هالة: منطقة كرويّة تحيط بأسطوانة مجرة حلزونيّة وتحتوي على نجوم قديمة في تجمّعات كرويّة.

في النصف الثاني من القرن الثامن عشر، قام فلكي من أصل ألمانيّ، مهاجر إلى بريطانيا، اسمُه وليمَ هرشل، ببناء مقاريب كبيرة. ثم رصد السماء، بهذه الآلات، عدّة مرّات، حاسباً النجمات التي يراها في جميع الاتجاهات. وهكذا اكتشف أنّ الشمس هي من ضمن مجموعة كبيرة من النجوم ذات الشكل المسطّح التي اقترح أنْ تسمّى المجرّة. درب التبّانة هو أثرها المرئيّ في السماء. وبمقاريب أقوى كثيراً، اكتُشِفَ، منذ بداية القرن العشرين، أنّ الكون معمور بملايين المجرّات الشبيهة، إلى حدّ ما، بمجرتنا.

مجـرّتنـا

هناك الكثير من المراقبات التي أتاحت للفلكيين معرفة تركيب مجرّتنا وشكلها وقياساتها. وجزوْها الأساسيّ (الذي يحتوي على ثلثي المادة الإجماليّة) هو اسطوانة هائلة يبلغ قطرها 100 000 سنة ضوئيّة ومعدّل سماكتها بين 1 000 أو 2 000 سنة ضوئيّة فقط. وفي هذه الأسطوانة تتكثّف المادّة على طول ثلاث أو أربع أذرع ملتوية بشكل حلزوني. وهذا ما يدعو إلى القول إنّ مجرتنا حلزونية. وهذه الأذرع هي المكان الذي تولد فيه نجوم جديدة. وتقوم الشمس على طرف ذراع، على مسافة نحو 30 000 سنة ضوئيّة من مركز المجرّة.

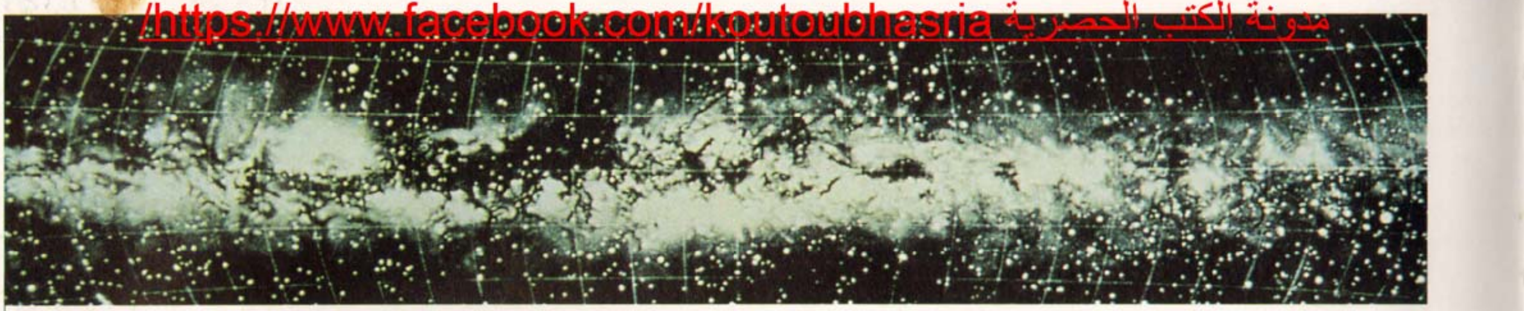
وفي وسط الأسطوانة انتفاخة ضخمة، البَصَلَة، وطولها نحو 15 000 سنة ضوئيّة وسماكتها نحو 5 000 سنة ضوئيّة. وهذه هي المنطقة الأكثف من المجرّة. هذه البصلة معمورة بنجوم كبيرة السنّ. وجزوْها الأساسيّ، نواة المجرّة، يستتر وراء سُدُم من الغاز والغبار. ولا يمكن درسه إلاّ بواسطة الإشعاعات غير المرئيّة التي يرسلها ولا سيّما الفَوق البنفسجي والموجات اللاسلكية.

تخفي النواة تكثفاً كبيراً من المادّة: لعلّه تجمّع ضخم من النجوم؟ أو لعلّه ثقب أسود هائل؟

التجمّعات الكوكبيّة

هي مجموعات من النجوم التي وُلِدَت معاً. وأوضحت دراسة مجرتنا وجود نوعين من التجمّعات الكوكبيّة. في داخل الأسطوانة، تُرى مجموعات قليلة الكثافة من مئات النجوم الصغيرة السنّ: وهذه هي مجموعات مفتوحة (أو تجمّعات مجرّيّة). حول الأسطوانة، توجد،



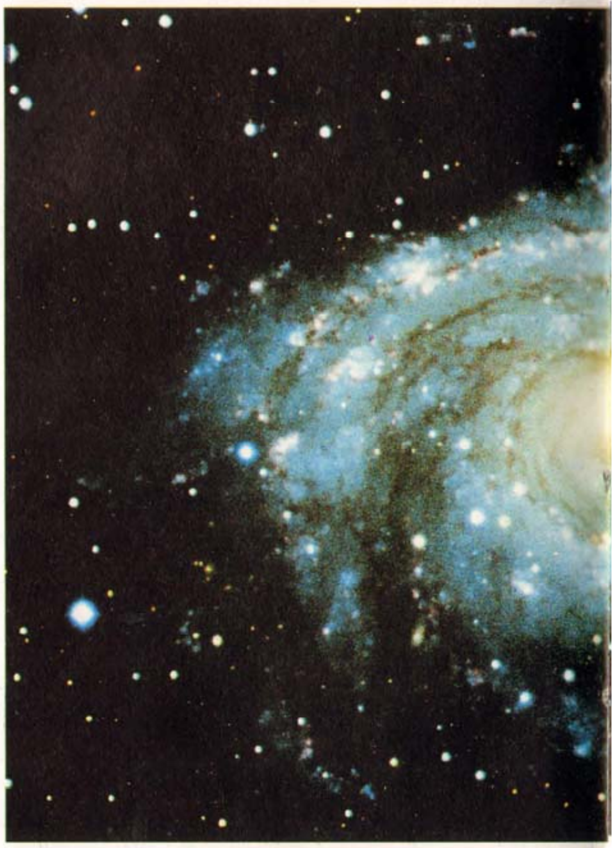


دَرْب التبّانة

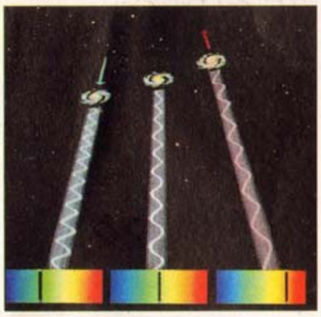
موزّعةً في هالة كرويّة هائلة، لفائف هائلة من النجوم المفرطة في الشيخوخة: وهذه هي تجمّعات كرويّة.
كلّ تجمّع يمكن أن يضمّ عدّة مئات من آلاف النجوم. وفي المنطقة المركزيّة من التجمّعات الكرويّة، تتزاحم النجمات مشدودة الواحدة إلى الأخرى، بحيث لا يمكن تمييزها إفراديًّا.

السُّـدُم

إنّ المادّة المتناثرة بين النجوم تكوّن السُّدُم. وهذه المادة أقل كثافة بكثير مما نسمّيه الفراغ. فالسُّدُم قوامُها الأساسيّ هو الهيدروجين - وهو المادّة الأكثر توافراً في الكون - ولكنّها تحتوي أيضاً على كميّات كبيرة من الغبار.
هناك أنواع من السُّدُم. فالسُّدُم المنتشرة تبثّ نوراً إذا كانت قريبة من النجوم الساخنة: وهذه هي حال السديم الكبير أوريون. وإلاّ فاكتشافها يتمّ بواسطة الموجات اللاسلكيّة التي تطلقها ذرّاتها الهيدروجينيّة.
السُّدُم المعتمة لا ترسل نوراً بل تلتهم نور النجوم القائمة وراءها. فتظهر بخيالات ظل في عمق السماء المنجّم. ورأس الحصان، في كوكبة أوريون، هو نموذج جميل منها.
في بعض السُّدُم نجومٌ في حال الولادة. وعندما تكون مادة السديم مُكثّفةً إلى حدّ كافٍ، تتّخذ الذرّات لتكوّن جُزَيْئات: فيغدو السديم غيمة جزيئيّة تتكوّن فيها، بعد ذلك، نجومٌ. وهذا ما يحدث في السديم رو انيوتشي.
بعض السُّدُم الأخرى، هي بالمقابل، «رماد» نجوم: كالسُّدُم الكوكبيّة وبقايا الجديدة الأسمى. فالسُّدُم الكوكبيّة كرات من الغاز تقذفها نجوم ليست ذات كتلة مهمّة وقد أصبحت غير مستقرّة في نهاية حياتها. فتتشعشع في الفضاء في بضع عشرات من آلاف السنين. وبقايا الجديدة الأسمى هي حطام انفجار النجوم الكثيفة. تتناثر مادتها بسرعة كبيرة، مسبوقة بموجة صَدْم تضغط وتسخّن الفضاء البَيْنَجميّ. والمثال الأشهر هو سديم السلطعون في كوكبة النور. فقد نتج من انفجار نجمة رُصِدَ عام 1054 عند الصينيين. وبانفجارها، أصبحت النجمة من اللمعان بحيث ظلّت رؤيتها ممكنة، في وضح النهار، لمدة ثلاثة أسابيع. □



المجرة الحلزونية NGC 2997 وشكلها شكل مجرّتنا نفسه.



تأثير دوبلر

إنّ طيف مصدر ضوئيّ سماويّ (نجمة، سديم، مجرة) يتيح معرفة ما إذا كان يقترب أو يبتعد وقياس مسافته. إذا اقترب المصدر تحيد خطوط طيفه نحو الأزرق. وإذا ابتعد تحيد خطوط طيفه نحو الأحمر.



إدوين هَبل (1889 - 1953)

قلبت ملاحظاته المعلومات عن الكون رأساً على عقب. فقد اكتشف المجرات، وبرهن، انطلاقاً من دراسة طيفها، أنّ الكون في توسُّع.



المجرة م 104 المسمّاة «سومبريرو» (أي القبّعة)

المجرات الأُخرى

إنّ البريطاني هرشل (1738 - 1822) وكذلك غيره من علماء ذلك العصر وفلاسفته، كالبريطانيّ توماس رايت (1711 - 1786) والألماني ايمانويل كانط (1724 - 1804)، قد جاء في حَدْسهم أنّ **مجرّتنا** ليست وحيدة، وأن الكون معمور بأنظمة مُشابهة. ولكن، كان ينبغي انتظار أعمال الأميركي إدوين هَبل (1889 - 1953) لإيجاد البراهين على ذلك.

اكتشاف المجرّات

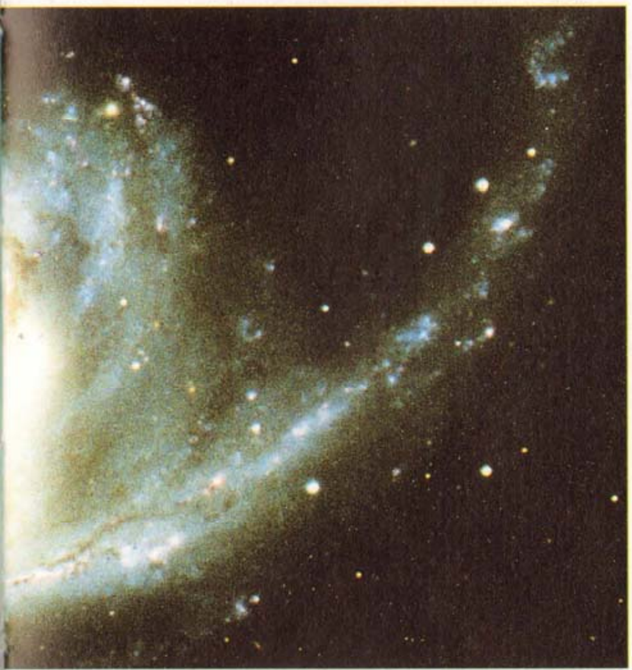
في سنة 1924, وبواسطة المقراب الكبير (فتحته 2,54م) في مرصد جبل ولسون، في كاليفورنيا، أوضح إدوين هَبل نجوماً خاصّة في ما كان يُسمّى «سديم» أندروميد.

وما لم يكن، في رأي الكثير من الفلكيين، سوى غيمة من غاز، تبيّن أنّه كتلة من نجوم ومن مادّة بينجميّة: أنّهُ مجرّة.

في ما بعد، عُرِفَت مجرّات كثيرة أخرى. نعرف منها، في أيّامنا، عشرات الملايين. والمجرّات القريبة الواحدة من الأخرى تتجاذب بقوة كافية لتشويهها. وهنالك أيضاً **مجرّات** مترابطة بجسور من المادّة.

المجرّات الفعّالة

بعض المجرّات (أقل من 5% من المجموع) تسمّى «فعّالة» أو ذات «نواة فعّالة». ونواتها ترسل من الطاقة ألف ضعف ما ترسله المجرّات العاديّة، وتكوّن مصدراً هائلاً لإشعاعات غاما وإكس والفوق بنفسجيّة. وبتأثير هذه الإشعاعات، تُسَخِّن المادة المجاورة تسخيناً قويًّا، وتُدفَع إلى تحرّكات عنيفة: فترسل موجات لاسلكيّة، وحزمة مكثفة من الألكترونات السريعة جدًّا. وبين **المجرّات**



المجرة الحلزونيّة المشطوبة NGC 1365 ▲



شكل المجرات

تُقسم المجرات إلى ثلاث فئات كبرى من حيث الشكل:
الحلزونيّة (1)،
الإهليلجيّة، (2)،
وغير المنتظمة (3).



1



2

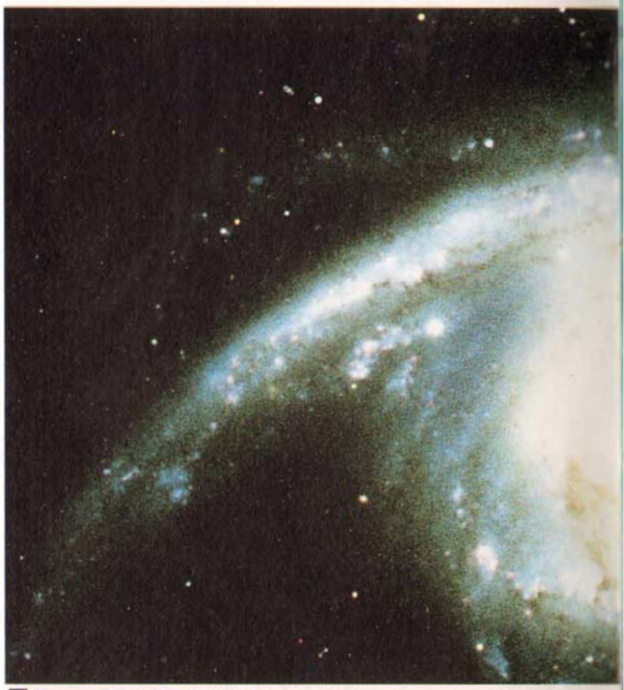


3

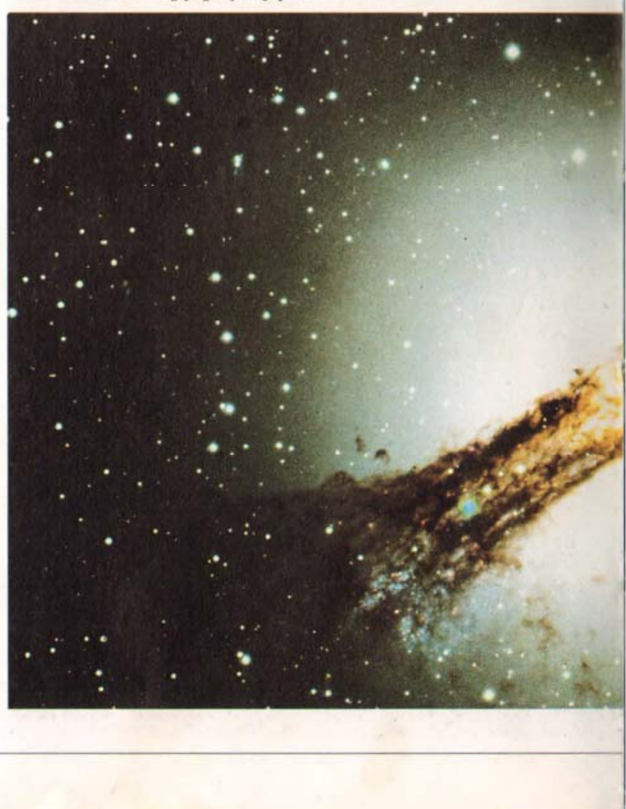
هناك نحو 80% من المجرات الحلزونيّة، و 15% من الإهليلجيّة، و 3% فقط من غير المنتظمة. و 2% من المجرات لا تدخل في أي فئة من هذه الفئات. المجرات الحلزونيّة تعتبر «قياسيّة» عندما تنطلق أذرعها مباشرة من النواة، و «مشطوبة» عندما تنطلق من أطراف اللوحة. ومجرّتنا حلزونيّة قياسيّة.



مجرّة اندروميد م 31



المجرّة الإهليلجيّة NGC 5128 ▼



الفعّالة مجرّات تسمّى لاسلكيّة لأنّها ترسل موجات لاسلكية.

والمجرّات اللاسلكيّة ترسل وحدها من الإشعاع بشكل موجات لاسلكيّة نحو مليون ضعف ما ترسله المجرّة العاديّة.

الكازارات

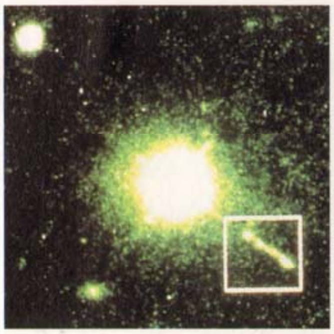
منذ 1963, عيّن الفلكيون نوع أجسام تبدو جيّداً أنّها نواة شديدة اللمعان لمجرّات فعّالة نائية. بما أنّها تُشبه نجوماً وقد أرسَلت التي اكتُشِفت، في بداية الأمر، الكثير من الموجات اللاسلكيّة، فقد سُمِّيَت **كازارات**.

وقد حاول الفلكيّون معرفة السبب الذي من أجله ترسِل الكازارات هذا المقدار الضخم من الطاقة.

يعتقد الفلكيون أنّ الكازارات تؤدي في مركزها ثقباً أسود هائلاً، تعادل كتلته 100 مليون ضعف كتلة الشمس. والغاز المحيط، قبل أن يبتلعه الثقب الأسود يَتَزَوْبَع ويُصبح شديد السخونة. فيرسل عندئذٍ إشعاعاً كثير الغزارة يناسب الطاقة الخارقة التي تطلقها الكازارات.

ويعتبر الفلكيون أنّ الكازارات هي أبعد أجرام نعرفها في أيامنا هذه. فخطوط طيفها، في الواقع، هي دائماً زائحة نحو الأحمر. وهذا ما يحمل على الاعتقاد أنّها بعيدة جدًّا.

واستناداً إلى ألقها الظاهريّ، يُستَنْتَج أنّها أشدّ لمعاناً من المجرّات بمئة إلى ألف مرّة، مع أن قطرها هو أقلّ بمئة مرّة! وبسبب بعدها المفترض، تزودنا الكازارات معلومات عن ماضي الكون، فنورها، في الواقع، قد سافر مليارات السنين قبل الوصول إلينا؛ فهي تخبرنا عن الكون كما كان منذ مليارات السنين.



الكازار 3 س 273

الكازار 3 س 273 هو الأقرب إلينا، على مسافة ملياري سنة ضوئيّة. وهو الأول الذي أفلح العلماء في قياس بعده بدراسة طيفه. وهذه الصورة التي التقطها المقراب الفضائي هبل، تُظهِر الكازار مع دفْق من المادة سريع منبثق من نواته.



الهوائيّات

هما مجرّتان في تفاعل. ينطلق منهما سلكان من المادة يشبهان هوائيّات الحشرات. وكل سلك يمتد على مسافة 000 100 سنة ضوئيّة. وهذه المجرّات قائمة على مسافة 48 مليون سنة ضوئيّة من مجرّتنا.



غيمة ماجلاّن الكبرى

تجمّع وتجمّع التجمّعات

لغــز المادّة السوداء

بعض أعمال المراقبة يوحي بوجود تاج من المادّة السوداء في ما وراء أسطوانة مجرّتنا.



إنّ دراسة حركة المجرّات القائمة في تجمّع مجرّات تؤدّي إلى إمكانيّة وجود مادّة مظلمة في الكون تساوي عشرة أضعاف المادّة المضيئة. هذه المادّة غير المرئيّة قد تكون مكوّنة، مثلاً، من نجوم منطفئة، أو هي من الصغر بحيث لم تستطع أن تضيء، أو من غيوم غاز كبرى شديدة البرودة، أو من حبيبات ذريّة. يكرر الفلكيّون تجاربهم ليوضحوا سر هذه «المادة السوداء»، ولمعرفة ما إذا كانت تشكّل عنصراً مهمًا من عناصر الكون. في هذه الحال، قد يتوقّف الكون عن التمدد في المستقبل، فتتقارب المجرّات الواحدة من الأخرى حتى الذوبان.

قلَّما تكون المجرّات منعزلة في الفضاء. بل هي تكوّن **تجمّعاً** أو **تجمّع تجمّعات**. ومن المهم جداً أن يُدرَس توزعها في الفضاء على مسافات كبيرة جداً، لمعرفة تركيب الكون.

تجمّع المجرّات

إن مُعظم المجرّات ينتمي إلى مجموعة مكوّنة من عشر مجرّات أو من العشرات منها، أو من تجمّعات يمكن أنْ تصل إلى الآلاف من القوّة التي تتجاذب بها مجرّات مجموعة ما، جرّاء كتلتها، كافية لمنعها من التشتت. وتنتمي مجرّتنا إلى تجمّع صغير من نحو ثلاثين عضواً، هو التجمّع المحلي. هذا التجمّع يحتوي أيضاً المجرّة م 31، مجرة اندروميد، وهي الأولى، باستثناء مجرتنا، التي حُدِّدَت: هي حلزونيّة، ولكنّها تحتوي على ضعفي النجوم لأنّ لها ضعفي الاتساع. وهي قائمة على مسافة 000 200 2 سنة ضوئيّة، وهي أبعَد جرم سماويّ يمكن أنْ يُرى بالعين المجرّدة.

تجمّع التجمّعات

يعرف الفلكيون عدّة عشرات مليارات من تجمّعات المجرّات. وهي مجموعة، في أكثر الأحيان، في تجمّع أسمى، أو تجمّع تجمّعات، وتمتد على طول 100 مليون سنة ضوئيّة أو أكثر.

التجمّع المحلّي ومجموعة المجرّات القريبة هما ضمن التجمّع الأسمى المحليّ على مسافة 50 مليون سنة ضوئيّة.

استناداً إلى بعض عمليّات المراقبة، قد يكون هناك تجمّع أسمى لتجمّع التجمّعات قد يمتدّ على عدّة مئات ملايين سنين ضوئيّة.

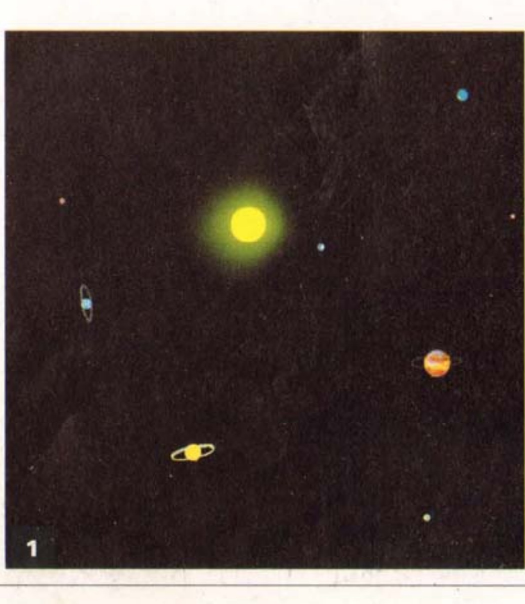
وأجمل تجمّع للمجرّات عُرِفَ حتى أيّامنا هذه قد اكتشف في نصف الكرة الشمالي من السماء عام 1989. وقد سُمِّي «السور الأكبر»؛ وهو، في شكل من الأشكال، حصن حقيقي من المجرّات طوله 500 مليون سنة ضوئيّة، وعرضه 200 مليون، وسماكته 15 مليون.

وهناك أعمال قام بها الفلكيّون، مؤخراً، توحي بأنّ مجرّتنا، والكثير سواها، واقعة تحت تأثير





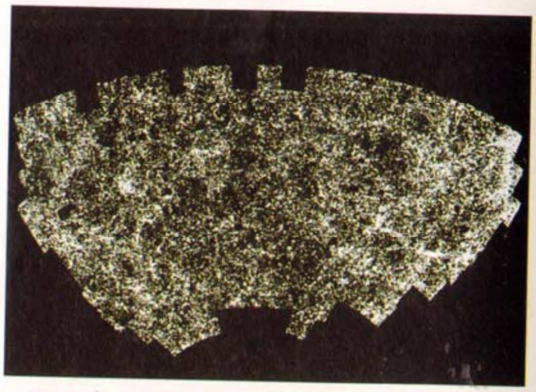
2



1



تجمّع المجرات هرَقل



على هذه الخريطة لجزء من السماء، كل نقطة تمثل مجرة.

تكثيف هائل للمادّة يجذبها ويشوّش تحرّكها. ربّما امتدّ هذا «الجاذب الكبير» على مسافة 250 مليون سنة ضوئيّة في اتجاه كوكبة الهدْرة وكوكبة العيّوف (قنطورس) (المرئيّتين في نصف الكرة الجنوبي). وقد تعادل كتلته 30 مليون مليار ضعف كتلة مجرّتنا.

ويُعتقَد أن مركزه قائم على مسافة 150 مليون سنة ضوئيّة.

تركيب الكون

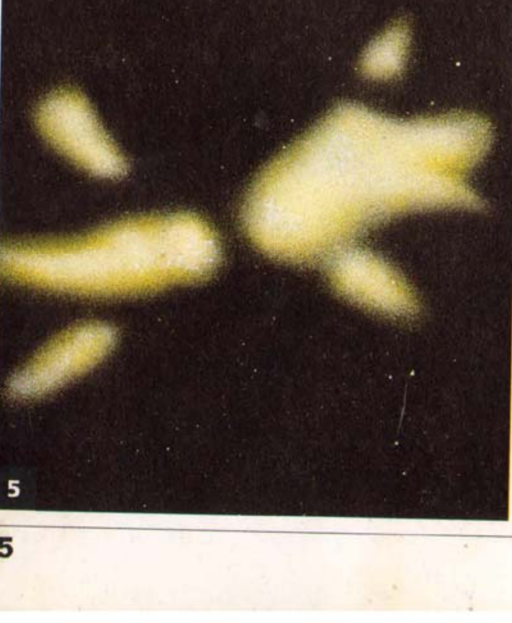
إن الفلكيين قد اكتشفوا في الفضاء الخارجيّ مناطق خالية من المجرّات. وأوّل هذه «الفضاءات» الكبيرة قد حُدِّد عام 1981 في اتجاه كوكبة البقّار. وكلّ شيء يبدو كأنّ مجموعات المجرّات (من تجمّع وتجمّع تجمّعات) مرتبة على جوانب خلايا هائلة قد يكون داخلها خالياً من المجرات. قد يشبه تركيب الكون عنقود أُكر من الصابون. ولكن، على مسافات أطول من مليار سنة ضوئيّة، يعتقد الفلكيون أنّ هذا التركيب يختفي وأنّ المجرّات تتوزع، على نمط واحد، في جميع الاتجاهات.

النظام الشمسيّ في الكون

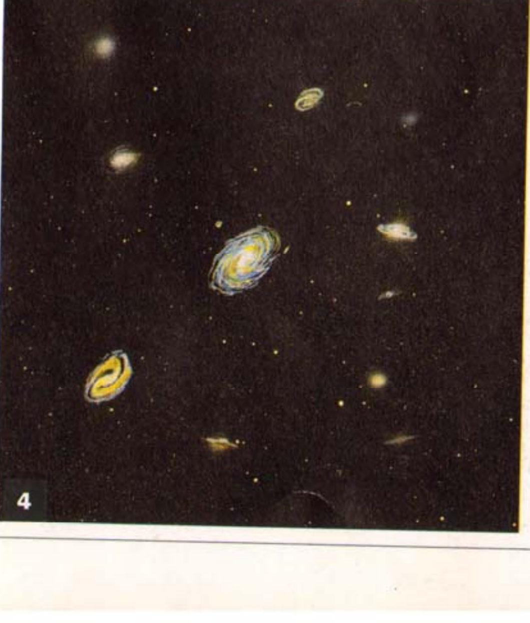
إنّ الأرض وكواكب النظام الشمسي الأخرى تدور حول نجمة. هي الشمس (1). والشمس هي واحدة من 100 مليار نجمة تشكّل مجرّتنا (2، 3). وتكوّن مجرّتنا مع نحو ثلاثين من جاراتها، تجمعاً صغيراً للمجرّات، هو التجمع المحليّ (4). والتجمّع المحلّي هو من ضمن تكثيف مجرّات أوسع هو التجمّع الأسمى المحلّي (5).

تجمّع محلّي وتجمّع تجمّعات محلّي

تكوّن مجرتنا مع جاراتها الأقرب التجمّع المحلي. وهذا ما يحتلّ حجماً إهليلجيًّا يمتدّ على مسافة طولها نحو 7 ملايين سنة ضوئيّة. كتلته الإجماليّة تقدّر بـ 650 مليار ضعف كتلة الشمس. هذه المجموعة تضمّ مجرّتين صغيرتين تابعتين لمجرّتنا، غيمة ماجلان الكبرى، وغيمة ماجلان الصغرى، وكذلك مجرة اندروميد الشهيرة م 31 والتجمّع المحليّ نفسه هو ضمن مجموعة مسطّحة أوسع، طولها نحو 100 مليون سنة ضوئيّة هي التجمّع الأسمى. ومجرتنا قائمة على أطراف هذا النظام.



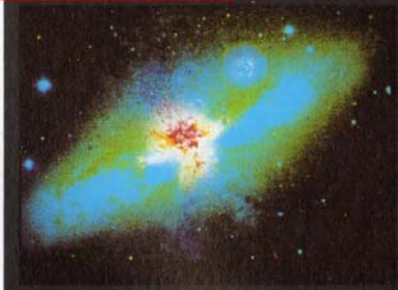
5



4



3



يعتقد معظم الفلكيين أنّ للكون تاريخاً. وفي حال المعلومات الحاضرة، تبقى نظريّة الانفجار الكبير في نشأة الكون وتطوّره، هي الأكثر إقناعاً.

من الانفجار الكبير

قد يكون كلّ شيء قد بدأ منذ نحو 15 مليار سنة. وكان الكون حينها حارًا كثيفاً بشكل هائل، ولم يكن فيه إلا الطاقة. وربّما حَدَث فجأةً انفجار كارثي، **الانفجار الكبير**، فهزّ ذلك الأتون، وأطلق حركته **التوسّعيّة**. ومنذ ذلك التاريخ، قد يكون الكون لم يتوقّف عن التمدّد والابتراد.

من الجزيئات إلى المجرّات

ليس الكون البدائيّ سوى «حَساء» من **جزيئات** تتحرّك في جميع الاتجاهات، وبسرعة قريبة من سرعة النور. كلّما انخفضت الحرارة، اختفت جزيئات وحلّت محلّها أخرى. وفي أقلّ من ربع ساعة، تتيح تفاعلات **الذوبان النووي** قيام نويات ذرّيّة خفيفة، كنويات الهيدروجين والهلِيوم.

بعد هذه الدقائق المضطربة الأولى، تأتي مرحلة طويلة هادئة، مميّزة بتكوّن الذرّات الأولى، وباستمراره في التمدّد والابتراد، يظل الكون، لمدّة طويلة، أكمد. وإنما بعد 300 000 أو 400 000 سنة، عندما هبطت الحرارة تحت 3 000 درجة مئويّة، تمكن النور من الانتشار بحرّية. ومرّت أيضاً عدّة مئات من ملايين السنين قبل تكوّن المجرّات الأولى انطلاقاً من «حُشيرات» في المادّة الغازيّة. والآليّة الدقيقة لتكوّنها لا تزال تكتنفها الأسرار.

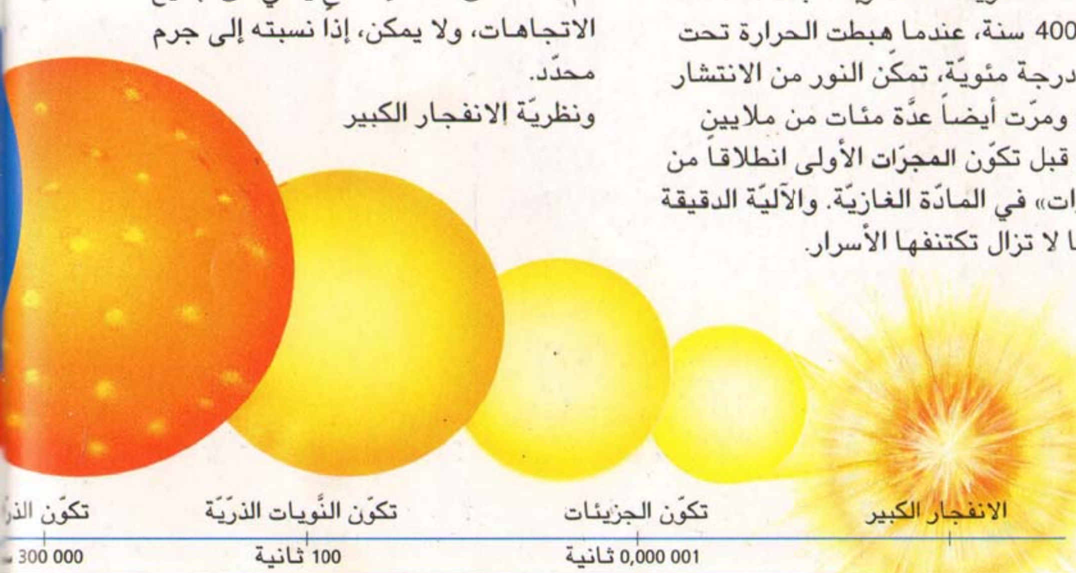
أسْفَرَ تفكير الفلكيين العميق عن ولادة نظريّة الانفجار الكبير استناداً إلى تحليل النور المنبثق من المجرّات. باستثناء القريبة منها، يصل نورها محمرًّا. خطوط طيفها، مُزاحة نحو الأحمر، بدلاً من أن تكون في مكانها المعتاد. ويكبر هذا الزَيحَان بمقدار ما هي بعيدة. التفسير الأسهل لهذه الظاهرة هو أن المجرّات تبتعد الواحدة عن الأخرى لأن الكون يتمدّد. يكفي تخيُّل العمليّة العكسيّة للوصول إلى فكرة الانفجار الأساسيّ. ولنظريّة الانفجار الكبير خصوم: ومنهم بعض الفلكيين الذين يرفضون فكرة البداية ويرون أن الحجج التي تدعمها قابلة للنقاش، لكنّ هذه النظرية تبقى الأبسط التي تماشي الرصد والمراقبة.

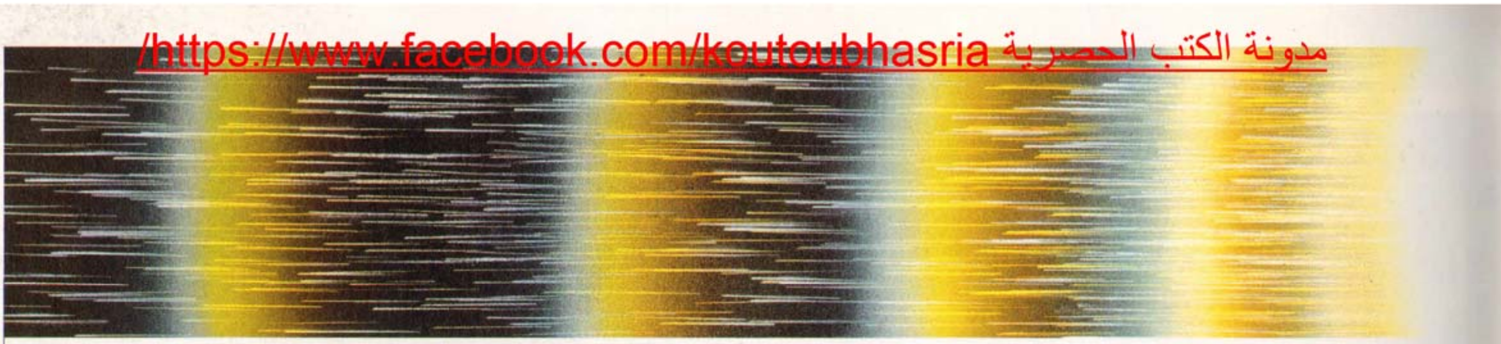
إشعاع الكون المتحجّر

سنة 1965 التقط فلكيّان إشعاعيّان أميركيّان، صدفة، وهما أرنو بنزياس ودوبرت ولسن، بثاً غريباً لموجات لاسلكية آتية من السماء. ثم لاحظا أنّ هذا الإشعاع يأتي من جميع الاتجاهات، ولا يمكن، إذا نسبته إلى جرم محدّد.

ونظريّة الانفجار الكبير

- **الانفجار الكبير:** حدث يشبه انفجاراً هائلاً قد يكون حدّد بداية الكون كما نعرفه.
- **توسُّع:** تمدُّد الكون بمرور الزمن.
- **جزيئة:** العنصر الأساسيّ في تكوين مادّة أو في تكوين النور.
- **ذوبان نووي:** اتحاد عدّة نويات ذرّات خفيفة في نواة ذرّة أثقل، وهو ما يحدث على حرارة مرتفعة، ويكون مصحوباً بانبعاث كبير للطاقة.
- **السحق الكبير:** حدث قد يحدّد نهاية الكون كما نعرفه، وذلك إذا تقلّص بحيث تندمج المجرّات في جسم واحد.
- **مادّة سوداء:** مادّة غير مرئيّة يبدو وجودها ضروريًّا لشرح بعض خصائص المجرّات المراقبة. قد تكون مكوّنة من نجوم منطفئة، أو من غيوم غاز شديد البرودة، أو من جزيئات ذريّة لا تزال مجهولة.




الانفجار الكبير

إلى السَّحْق الكبير؟

بإمكانها أن تشرح بسهولة هذا الاكتشاف: هذا الإشعاع الملغز ما هو إلا بقيّة سخونة الكون الأساسيّة. وهو يمثل الإشعاع الذي بثه الكون من 000 300 إلى 000 400 سنة بَعْد الانفجار الكبير، عندما بدأ النور ينتشر. ثم انخفضت حرارته كثيراً من تمدّد الكون.

نحو السحق الكبير؟

إذا استمرّ التوسّع الحاليّ إلى ما لا نهاية، يصبح الكون، من، التمدّد فارغاً شيئاً فشيئاً، لأنّ المجرّات تبتعد الواحدة عن الأخرى شيئاً فشيئاً.

تنخفض حرارة الجوّ أيضاً، شيئاً فشيئاً. وإذا، على العكس، توقّف الكون يوماً عن التمدد، لا تبتعد المجرات الواحدة عن الأخرى بل تتقارب حتّى الاصطدام والاندماج.

فيعود الكون إلى نقطة الانطلاق، ويصبح أتوناً ذا كثافة لا متناهية. فيُهدَّم كل شيء ويكون ذلك **السَّحق الكبير**. مستقبل الكون يتوقف على كميّة المادّة التي يحتويها، كمعدّل، في المتر المكعّب. وتبدو هذه المادّة، حسب المراقبات الحاليّة، ضعيفة جدًّا بحيث لن يتوقّف الكون عن التمدّد يوماً. وقد يحدث هذا إذا كان يحتوي الكثير من المادّة السوداء.

تطوّر الكون

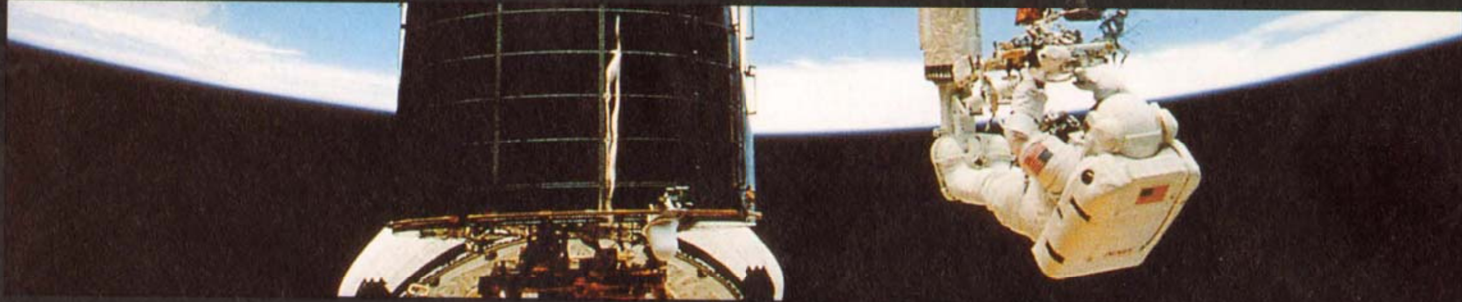
لا يزال الكون، منذ الانفجار الكبير، يتمدّد وتنخفض حرارته، وقد مُثّل الكون، في هذا الرسم، كرويًّا كالطابة، ولكنّ شكله قد يكون مختلفاً.



اكتشـ



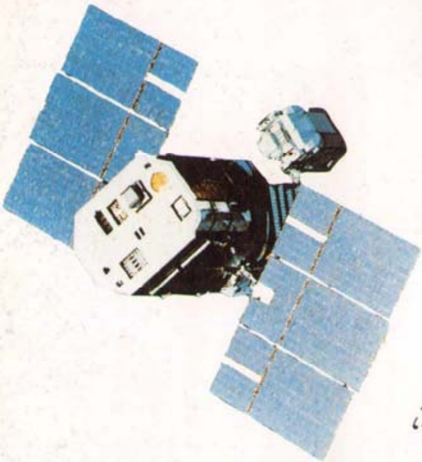








ـاف الفضاء







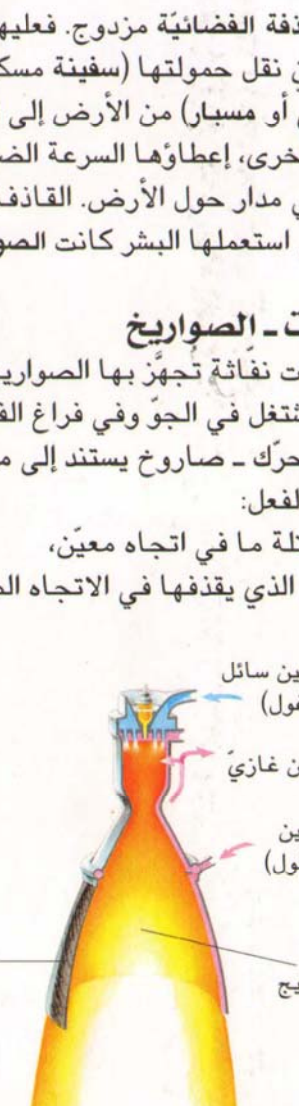
لإرسال مواد أو إنسان إلى الفضاء، تُستعمَل قاذفات فضائيّة. هنالك نوعان كبيران: الصواريخ التي لا تخدم إلاّ مرّة واحدة، والمكاكيك التي يمكن استعمالها ثانية.

القاذفات الفضائيّة

إنّ دور القاذفة الفضائيّة مزدوج. فعليها، من جهة، تأمين نقل حمولتها (سفينة مسكونة، أو قمر صناعي أو مسبار) من الأرض إلى الفضاء، ومن جهة أخرى، إعطاؤها السرعة الضرورية لوضعها في مدار حول الأرض. القاذفات الأولى التي استعملها البشر كانت الصواريخ.

المحرّكات ـ الصواريخ

هي محرّكات نفاثة تُجهَّز بها الصواريخ. مُصمَّمة لتشتغل في الجوّ وفي فراغ الفضاء. واشتغال محرّك ـ صاروخ يستند إلى مبدأ الفعل وردّ الفعل:
إذا قُذِفت كتلة ما في اتجاه معيّن،
دُفِعَ الجسم الذي يقذفها في الاتجاه المعاكس.



قطع محرك صاروخ

في محرّك ـ صاروخ تستحضر مادّتان كيميائيتان (إرغول). ويحترق مزيجهما ليبعث من الماسورة غازات سريعة تدفع الصاروخ.



الصاروخ الأميركي ساتورن 5

الصواريخ

يبدو الصاروخ كأسطوانة معدنيّة طويلة، يتراوح ارتفاعها بين 30 و 60 متراً. وعلى قمّتها المحفوظة بغطاء، الحمولة التي تحملها إلى الفضاء. للصواريخ عدّة طبقات (3 في أكثر الأحيان) مؤلّفة من خزّانات للأرغول ومحرّكات. هذه الطبقات تشتغل على التتابع ثم تُرخَى في الجوّ بعد الاستعمال. تنطلق الصواريخ دائماً عموديًّا، تقذفها عدّة محرّكات ـ صواريخ. لا تخدم إلاّ مرّة واحدة، ولا يُستردّ أيٌّ من عناصرها: فهي قاذفات تستَهْلك. وإن مدة حياتها، بالإضافة إلى ذلك، قصيرة: من 10 إلى 20 دقيقة تكفيها لوضع حمولتها في محور حول

حمولة نافعة: تجهيزات تطلق في الفضاء للقيام بمهمّة محدّدة.
صاروخ: مركبة يقذفها محرك أو عدّة محرّكات نفاثة، وتستطيع أن تتنقّل خارج الجو.
سفينة (فضائيّة): مركب فضائي مسكون في أكثر الأحيان.
طائرة مداريّة: طائرة مجهّزة بمحرّكات تستطيع دفعها في المدار حول الأرض.
◐ **عَرَبة فضائيّة:** مركبة فضائيّة يمكن استردادها، تُستعمل لنقل الحيوانات أو المواد أو الروّاد.



◐ **قاذفة فضائيّة:** مركبة تستطيع أن تُرسِل حمولة نافعة في الفضاء.
قمر صناعي: جسم من صنع إنسانيّ يدور حول جرم سماوي (كالشمس والكواكب...).
مداري: مركبة فضائيّة تقوم بمهمتها وهي في مدار حول جرم.
مسبار (فضائي): جهاز فضائي غير مسكون معدّ لاستكشاف بعض الأجرام من النظام الشمسيّ.
مكوك (فضائي): مركبة فضائيّة يمكن استردادها، تؤمّن الاتصالات بين الثرى ومدار منخفض حول الأرض.



ساحة تطلق منها المكاكيك الفضائية في كاب كانافرال (الولايات المتحدة)

الأرض.

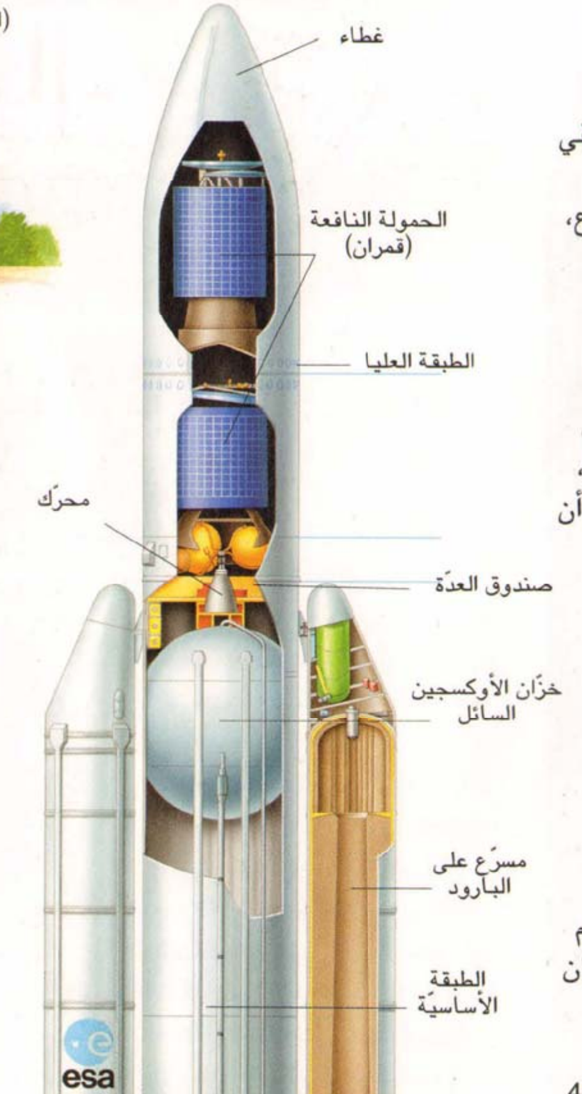
الصاروخ، في الأصل، خزّان هائل للأرغول: ففي حال الصاروخ الأوروبي أريان، مثلاً، يمثل الأرغول 90% من الكتلة الإجمالية عند الإقلاع، والهيكل 9%، والحمولة التي ينقلها الصاروخ 1% فقط.

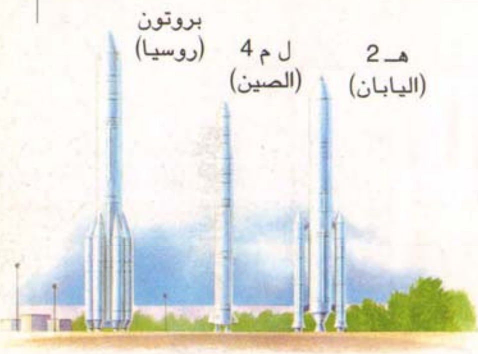
وتشكيلة الصواريخ المهيّأة، اليوم، في العالم، تتدرّج من القاذفة الصغيرة، شافِت، التي تزن نحو 20 طنًّا والتي تستطيع دفع 160 كلغ حول الأرض، إلى القاذفة الروسيّة الضخمة، انرجْيا، التي تزن 000 2 طن عند الإقلاع، والتي يمكن أن تصل حمولتها إلى 100 طنّ.

سلسلة أريان

في السبعينيات، أسّست بلدان أوروبا الغربيّة الأساسيّة تنظيماً مشتركاً، الوكالة الفضائيّة الأوروبيّة، وقرّرت صنع صاروخ بإمكانه أن يطلق أقماراً صناعيّة كبيرة. وهذا الصاروخ الذي سُمِّيَ أريان، قد صنع منه عدّة نماذج متتالية، تطوّرت شيئاً فشيئاً وكوّنت «سلسلة أريان». فالحلقة الأولى، أريان 1 قد دُشّنت عام 1979. وقد زِيدَت قدرة الإطلاق بالحلقتين أريان 2 وأريان 3. والحلقات الست أريان 4 التي تُستعمل، وحدَها، منذ 1989 لها طاقة دفع صواريخ نحو المدار تتراوح بين 020 2 و 460 4 كلغ. وهنالك صاروخ جديد، أريان 5، أقوى بكثير ولكنّه بمفهوم مختلف، وهو سيكون البديل. وحين يؤهّل، سيكون بإمكانه دفع صاروخ من 6,7 أطنان نحو مدار الأقمار الصناعيّة، أو دفع صاروخين معاً يزن كلاهما 3 أطنان.

سيُستعمل، بلا شك، لإطلاق كبسولات فضائيّة نحو المحطّة الفضائيّة الدوليّة. □





منافِسات صواريخ أريان

هناك عدّة قاذفات في العالم لها نتائج مماثلة لنتائج صواريخ أريان. وهي، مثلاً، في الولايات المتحدة صواريخ أطلس 2 أ س ودلتا 2؛ وفي روسيا الصواريخ بروتون؛ وفي الصين الصواريخ ذات المدى الطويل 3؛ وفي اليابان الصاروخ هـ ـ 2 الذي دُشّن عام 1994. ولكنّ صواريخ أريان وحدها تطلق نصف الأقمار التجاريّة المصنعة في العالم.

أريان 5

إنّ صاروخ أريان 5 يحتوي على هيكل داخليّ مجهّز بمحرّك قويّ على الهيدروجين والأوكسجين السائلين.

هذا الهيكل الداخليّ محصّن بمُسرِّعين ارتفاعهما 31م، وقطرهما 3م، يحتوي كلاهما على 240 طناً من البارود. يتراوح ارتفاع الصاروخ بين 45 و 56 متراً، حسب الغطاء المستعمل. وتبلغ كتلته، عند الإطلاق، 710 أطنان. ويتوقّع أنْ يُطلَق منه من 5 إلى 7 كلّ عام.



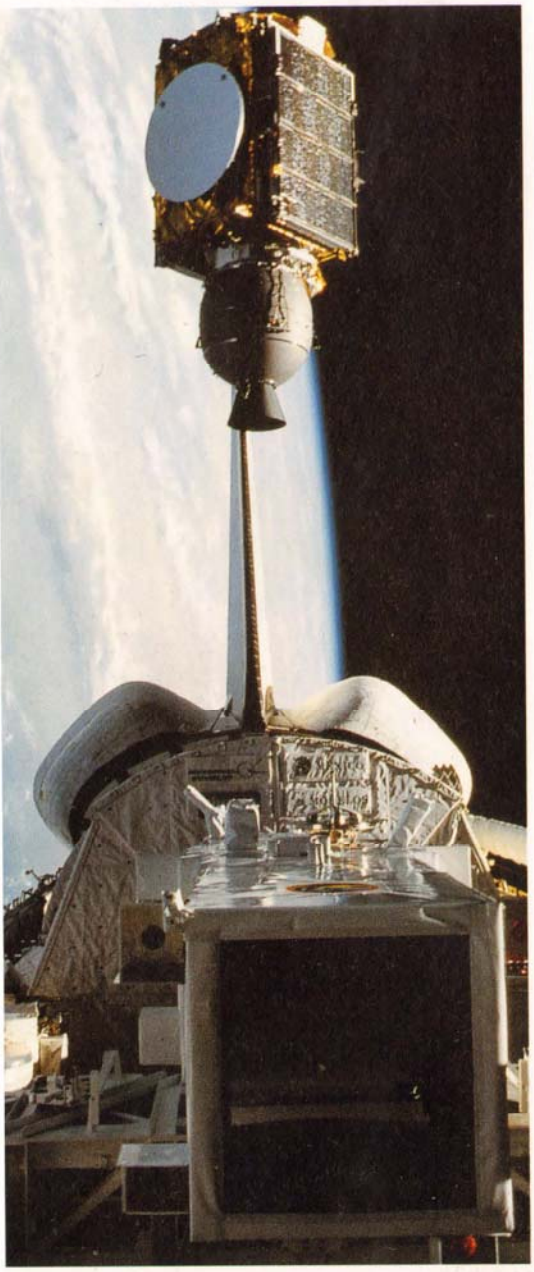
إقلاع المكّوك الأميركيّ

المكاكيك الفضائيّة والطائرات المداريّة



4

المكوك يُنزل قمراً صناعياً





3



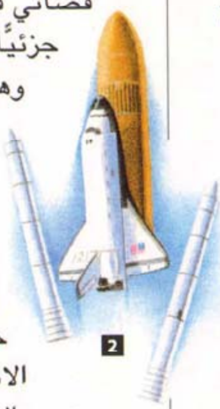
قاذفة تجريبيّة ثوريّة

سنة 1993 جُرّب نموذج مصغّر لقاذفة أميركيّة دلتا كليبر. وكالصاروخ الذي تخيّله هرجيه ليحمل تنتان إلى القمر، ليس لهذه القاذفة سوى طبقة واحدة قابلة للاستعمال ثانيةً؛ تُقلع وتهبط عموديًا.

وظيفة المكوك الأميركي:

1 إقلاع
2 فصل الدوافع المساعدة
3 فصل الخزّان الخارجي
4 طيران مداريّ (انزال قمر، مثلاً)
5 إلغاء التبعيّة
6 دخول في الجوّ
7 نزول في الجو
8 هبوط

الصواريخ وسيلة لإطلاق حمولات نافعة في الفضاء. ولكنّها تسبّب تبذيراً هائلاً، لأنّها لا تُستعمل إلاّ مرّة واحدة. وهذا ما حمل الاختصاصيين على استعمال وسيلة نقل فضائي قابلة لإعادة الاستعمال، ولو جزئيًّا، هي المكوك الفضائي. وهذه الطريقة الحديثة دشّنها الأميركيّون عام 1981.



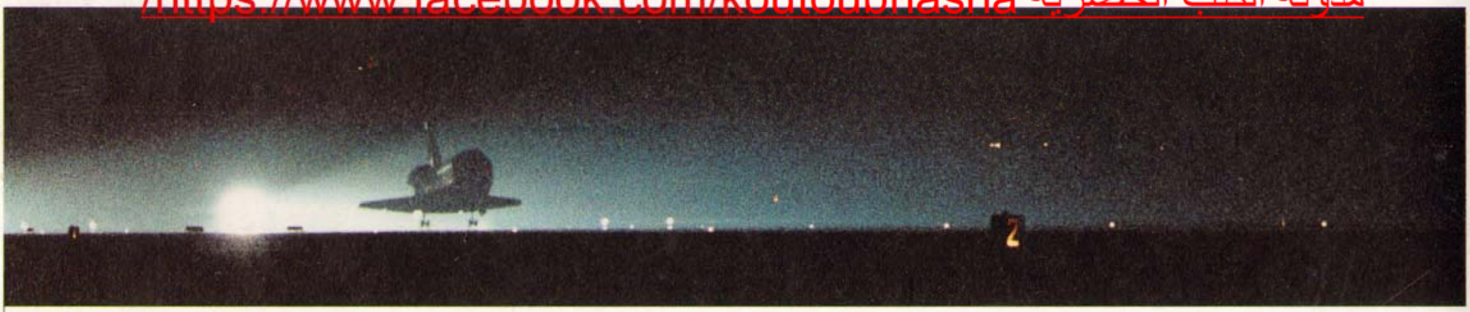
2

المكوك الأميركي

هو، في الوقت نفسه، قاذفة وسفينة مأهولة، ومن أهم حسناته أنه قابل لإعادة الاستعمال بالكثير من أجزائه. وهو، بالإضافة إلى ذلك، مركبة مثاليّة للذهاب لإصلاح أقمار معطّلة، أو لإرسال روّاد ليقوموا بأبحاث علميّة على ارتفاع عدّة مئات من الكيلومترات. ومقابل ذلك، ليس المكّوك مكيّفاً تكييفاً جيّداً لِدَفْع الأقمار إلى المحطات العلميّة.
عنصره الأساسيّ هو المداري، وهو الذي يُطلَقُ عليه اسم.
وقد بُنِيَ خمسة مداريّات: شالنجر، كولومبيا، دسكفري، أطْلَنْطِس وإندفر. ولكل منها شكل طائرة ذات جناح



1



هبوط المكّوك الأميركي



5

دلتاويّ طوله 37م واتساعه 24م.
في مقدّم بدَن الطائرة، حجرة الطيّار المكيّفة الضغط، وهي ذات طبقتين، وتتيح إقامة الطاقم الذي يمكن أن يصل عدده إلى ثمانية روّاد. وفي الوسط مستودع للحمولة النافعة: أقمار جاهزة للإطلاق، مختبرات مكيّفة الضغط، ومسطّحات تحمل آلات علميّة. في المؤخّرة ثلاثة محرّكات ـ صواريخ (المحرّكات الأساسيّة) قويّة جدًّا، تُستعمل للإقلاع، ومحرّكان للقيادة. لا يستطيع المداريّ أن ينطلق وحده في الفضاء. فعند الإقلاع، يُلحَق به دافعان مُساعدان، وخزّان خارجي هائل. وهذا الخزان يحتوي الهيدروجين والأوكسجين السائلين لتغذية المحرّكات الأساسيّة. المكوك الفضائي يُستعمل لمهامّ تدوم أسبوعاً أو أسبوعين في الفضاء، على ارتفاع يتراوح بين 300 و 500 كلم. ويدور المداريّ حول الأرض بسرعة 000 30 كلم في الساعة. ويحطّ، عند انتهاء مهمّته، على الأرض كطائرة شراعيّة.

المكاكيك الأخرى

بَنَت روسيّا أيضاً مكوكاً فضائيًّا، بوران (وهي كلمة روسيّة تعني «عاصفة ثلجيّة»).
وقد تم اختباره بلا طاقم، وبصورة آليّة، عام 1988. كان يحتوي فقط على مداريّ، كالمداريّات الأميركيّة مع فارق مهمّ: كان يقلع مرتبطاً بالصاروخ الهائل إنرجيا. لأنه لم يكن له إلاّ محرّكات قيادة صغيرة، وجهاز ضبط للتوجيه. مع ذلك، لن يُستعمل هذا المكوك لكلفته. وأوجدت اليابان مكوكاً آليًّا، هوب، ستتمّ تجربته في هذا القرن. وهو أيضاً، سيكون بحاجة إلى صاروخ ليُرسَل إلى الفضاء.



8

قامت أوروبا أيضاً بدراسات تمهيديّة بهدف بناء مكوك صغير، هِرمِس.
وكان من المقرّر أن يُطلق هذا المكوك بواسطة الصاروخ أريان 5، وأن يحمل روّاداً وموادّ. لكن المشروع قد أُهْمِل لكلفته الباهظة.



6

الطائرات المداريّة

يظل إطلاق الأقمار، في أيّامنا، مُكلفاً جدًّا. قد يصبح أقلّ كلفة إذا توصّل العلماء إلى صنع **طائرات مداريّة**، تسمّى أيضاً طائرات فضائيّة. هذه الطائرات الفضائية التي يمكن إعادة استعمالها كاملةً، تقلع من أي مطار وتحط فيه مثل الطائرات النفّاثة العاديّة، ولكنّها سيكون لها المزيد من الطاقة لتترك الجو وتسلك مداراً منخفضاً حول الأرض.



7

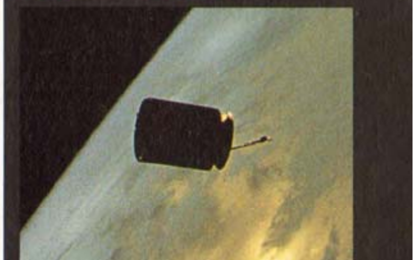
وستكون مجهّزة بمحرّكات ثوريّة تستهلك أوكسجين الهواء في مرحلة طيرانها في الجو، ثم الأوكسجين السائل في ما وراء ذلك. وستبلغ سرعات فَوْضَوْتِيّة تصل إلى 25 ضعف سرعة الصوت. بناء مثل هذه القاذفات يصطدم بصعوبات تقنيّة.
لا يكفي صنع محرّكات جديدة، بل ينبغي إيجاد موادّ جديدة خفيفة ومقاومة في الوقت نفسه، تستطيع أن تتحمل الحرارات المرتفعة الناجمة عن الاحتكاك بطبقات الهواء في السرعات الفَوْضَوْتِيّة. □

طرائق الدفع المستقبليّة

في المستقبل، ينبغي إيجاد طرائق جديدة للدفع كي لا تكون المركبات الفضائيّة بحاجة إلى كميّات هائلة من الأرغول كما هي حال الصواريخ الحاليّة. يُضَمّ إلى الجهاز، مثلاً، مصدر طاقة نوويّة، ومحرّكات كهربائيّة تقذف بسرعة كبيرة حزمة من الجزيئات النوويّة. ولاستكشاف النظام الشمسي، قد يكون من المفيد جداً استعمال الأشرعة الشمسيّة. (أدناه) وهي مساحات كبيرة عاكسة بموادّ خفيفة، تنتقل في الفضاء، تدفعها جزئيات (تسمّى ضوئيات) تكوّن نور الشمس.



ينتقل الشراع بسرعة بمقدار ما هو كبير وخفيف وعاكس؛ وهكذا يكون بإمكان الشراع أنْ يقطع مسافات طويلة في الفضاء.



في الرابع من تشرين الأول/أكتوبر عام 1957, أطلق الاتحاد السوفياتي أوّل قمر صناعيّ سبوتنيك 1. ومنذ ذلك التاريخ، أُطلِق نحو 000 4 قمر.قامت بمهامّ مختلفة، من مراقبة الأرض إلى المواصلات المسافيّة.

الأقمار الصناعيّة

الأقمار الصناعيّة هي أجسام يطلقها الإنسان في الفضاء، لتدور في محور حول كوكب أو حول جسم سماويّ آخر.

تطلق الأقمار الصناعيّة بواسطة صاروخ أو مكّوك، وهي تصنع من موادّ خاصّة تتيح لها المقاومة في المحيط الفضائيّ. ومعظم الأقمار الصناعية وضعت في مدار حول الأرض، ولكنّ بعضها قد أرسِلَ حول الشمس، أو حول القمر أو حول كواكب النظام الشمسيّ (الزُّهَرة والمرّيخ). وإذا كان مجهّزاً بمحرّك، يمكنُه أن يغيّر المدار، وأن يترك، عند الاقتضاء، جوار الأرض لينطلق في الفضاء.

تركيب الأقمار

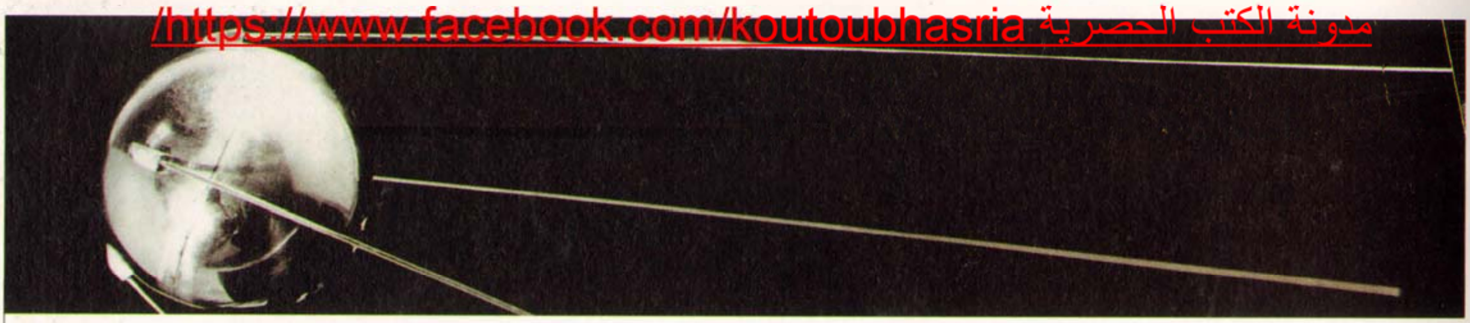
تتألّف الأقمار الاصطناعيّة من أنظمة أو أنظمة ثانويّة تتيح لها أن تشتغل حين تكون في المدار. هناك، أوّلاً ما يسمّى التركيب: وهو، إلى حدّ ما هيكل القمر. وهو الذي يحمل التجهيزات المختلفة، ويلعب دور الشاشة الواقية من إشعاعات الفضاء، ومن الأحجار النيزكية الصغيرة. بشكل عام، يُستعمل في صنع الهيكل مزيج من المعادن الخفيفة (أليمينيوم، تيتان)، أو من موادّ مركّبة، مكّونة من عدّة عناصر، ولها من الخصائص ما لا يملكه أي عنصر منفرداً. وبفضل هذا الهيكل، تستطيع الأقمار الصناعيّة

- **ثابت أرضيّاً:** يقال عن قمر صناعي يدور حول الأرض في سطح خط الاستواء، على ارتفاع نحو 800 35 كلم وإن نظر إليه من الأرض بدا ثابتاً.
- **جوّ:** طبقة من الغاز تحيط ببعض الأجرام، ولا سيّما الأرض.
- **دوران:** تحرّك كوكب حول الشمس، أو تحرّك كوكب تابع حول كوكب متبوع.
- **قمر صناعيّ:** جسم من صناعة بشرية يدور حول جسم سماويّ (شمس، كوكب، كوكب تابع...).
- **كوكب:** جسم سماويّ غير مضاء بنفسه، يدور حول نجمة.
- **مدار:** خط مُنحنٍ مغلق يرسمه جسم في الفضاء، حول جسم آخر أهمّ كتلةً.
- **مدّة (الدوران):** الفاصل الزمني الذي يفصل مرور كوكب في نقطة معيّنة من مداره ومروره ثانية في النقطة نفسها.
- **مكّوك (فضائيّ):** مركبة فضائية قابلة لإعادة الاستعمال، مصمّمة لتأمين الاتصال بين الأرض ومدار منخفض حول الأرض.
- **نظام شمسيّ:** منطقة من السماء مرتبطة بالشمس؛ مجموعة الأجرام التي تحتويها.



تنوّع مدارات كبير

الأقمار الصناعيّة الثابتة أرضيًّا (ميتيوسات، كومستار...) تدور على ارتفاع 800 35 كلم في سطح خط الاستواء. أمّا الأقمار الأُخرى فتدور على مرتفعات، وحسب انحناءات تختار استناداً إلى المهامّ التي تقوم بها: نافستار (ملاحة)، هَبل (فلاكة)، مولنيًا (مواصلات مسافيّة) الخ. المكوك الأميركي يدور على ارتفاع يتراوح بين 300 و 500 كلم.

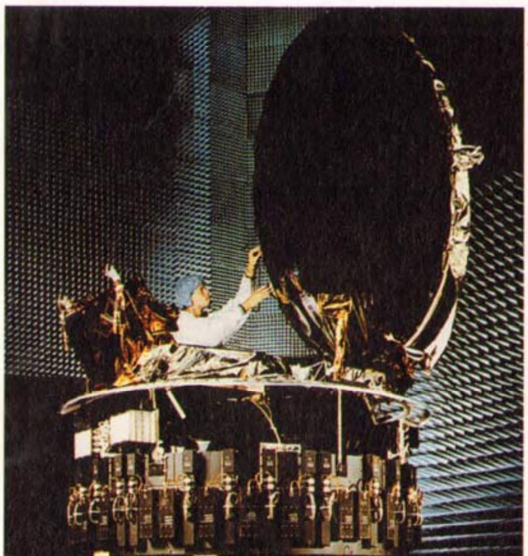


سبوتنِك 1، القمر الصناعيّ الأول

أن تقاوم الوسط الفضائيّ. فكل جسم ينتقل في الفضاء معرّض لقصف مستمر من عدّة إشعاعات ومن جزيئات وكميّات من الغبار، إذ ليس هناك من جوّ ليوقفها. أضف إلى ذلك التفاوت الكبير في الحرارة، في حال استدارة سطح القمر إلى الشمس وحال غرقه في الظلام، فبإمكان الحرارة أن ترتفع إلى 150 درجة مئويّة، أو أن تنخفض إلي ـ 150 درجة مئويّة. وإلى جانب الهيكل، تشتمل الأقمار على مجموعات ميكانيكيّة عديدة، كتلك التي تتيح نشر اللوحات الشمسيّة أو توجيهها، أو هوائيّات الاتصالات المسافيّة؛ والتجهيزات التي تراقب الحرارة؛ وتلك التي تساعد على إنتاج الطاقة اللازمة لتشغيل الآلات؛ وتلك التي تتيح تصحيح المدار أو تعديله؛ وتلك التي تؤمّن ترسيخ القمر؛ وأخيراً تلك التي تدير المُعطيات المسجّلة وتؤمّن تبادل الاتصالات مع محطات الاستقبال على الثرى.

مدارات الأقمار الصناعيّة

يرسم القمر الصناعي حول الأرض أو حول جُرْم آخر، مساراً مُغلقاً يُسمّى مداره. وهذا المدار اهليلجيّ الشكل، أي له شكل دائرة مسطّحة. ويُحدَّد مسارُه بعدّة عناصر. وهذه العناصر هي، بالنسبة إلى قمر الأرض، نقطة المحور الأقرب إلى وسط الأرض (الحضيض)، ونقطته الأبعد عن وسط الأرض (الأوج)، ومدّة دورة كاملة حول الأرض (مدّة التذبذب)، وانحناء سطح المحور على سطح خط الاستواء، الخ.
حسب قيمة انحناء محورها، تحلّق الأقمار فوق مناطق مختلفة من الأرض. فبعض الأقمار تدور في سطح خط الاستواء: فمدارها استوائيّ؛ وانحناؤه هو درجة الصفر. وبعضها الآخر يدور في سطح القطبين: محوره قطبي، وانحناؤه 90 درجة وبين هذين الطرفين، يمكن أن يأخذ انحناء مدار القمر كل القِيم الممكنة. قد يكون القمر الصناعي قريباً من الأرض أو بعيداً عنها: فهناك المدارات المنخفضة على ارتفاع أقلّ من 000 1 كلم، والمدارات العالية كمدارات الأقمار الثابتة أرضيًا، وهي مستديرة قائمة في سطح خط الاستواء على ارتفاع 800 35 كلم. □



تجربة قمر صناعيّ في غرفة لا تعكس جوانبها أيّة موجة صوتيّة

الأقمار الثابتة أرضيًا

إنّ الأقمار الصناعيّة التي تدور في سطح خط الاستواء، على ارتفاع 800 35 كلم فوق سطح الأرض، تكمل دورة حول الأرض في 23 ساعة و 56 دقيقة، أي الوقت نفسه الذي تدور فيه الأرض دورة على نفسها. فإذا نُظِرَ إليها من الأرض بدت هذه الأقمار ثابتة في السماء، فقيل عنها ثابتة أرضيًا. وهذه هي حال معظم أقمار المواصلات المسافيّة. وهي تُستعمل كأداة نقل لتوجيه المواصلات التلفونيّة، وبرامج التلفزيون، أو معطيات معلوماتيّة بين بلدان تفصل بينها آلاف الكيلومترات، وهي، بالنسبة إلى بعضهم، في قارات مختلفة. ويُعرف من القويّة منها الأقمار الصناعيّة انتلسات 7 (انظر ادناه).





غرفة مراقبة عمليّات الطيران الفضائي

حياة الأقمار الصناعيّة

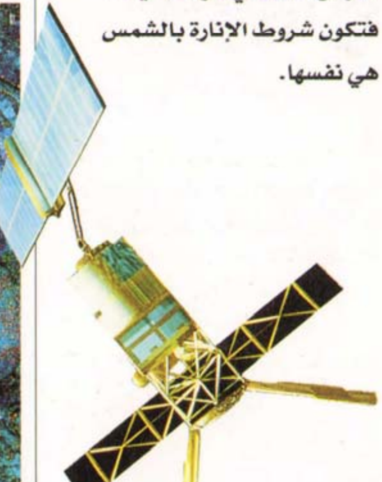


مدار مزامن الشمس

أقمار مزامنة الشمس

بعض الأقمار يتبع مداراً يحافظ على وضع ثابت بالنسبة إلى الشمس؛ وهي الأقمار المزامنة الشمس.

وهذه هي حال أقمار مراقبة الأرض وتحلّق فوق منطقة من الأرض دائماً في الوقت عينه، فتكون شروط الإنارة بالشمس هي نفسها.



القمر
ERS 1

هذا هو أوّل قمر صناعي أوروبي لمراقبة الأرض بالرادار. وقد التقط عام 1992 هذه الصورة للكامارغ وخاصرة الجبل سيفين، مرموزة بألوان مختلفة.

في أيّامنا هذه، أصبحت **الأقمار الصناعيّة** معدّات ضروريّة في حقول كثيرة مثل الاتصالات المسافيّة، والبحث العلميّ والقطاع العسكري. فهي تتيح القيام بمراقبات والنقل الفوريّ لمعلومات ذات نوعيّة ممتازة. وللأقمار مدّة حياة قد تصل، بالنسبة إلى بعضها، إلى 10 أو 15 سنة.

استعمال الأقمار الصناعيّة

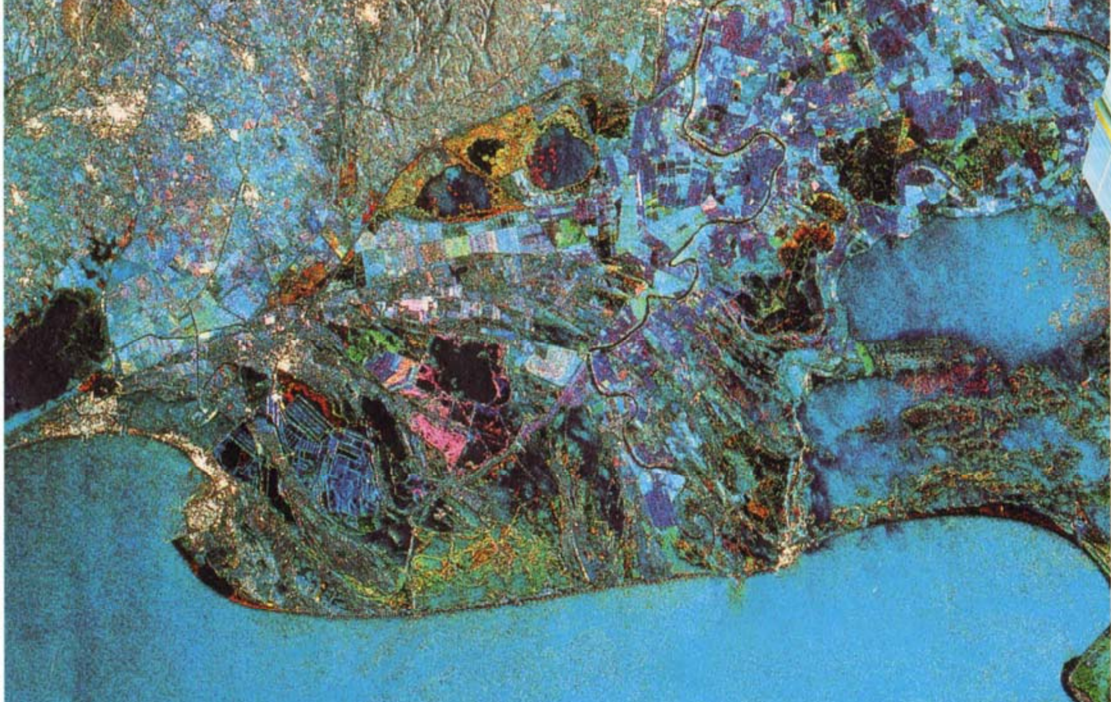
إن ثلاثة أرباع الأقمار الصناعيّة تُطلق لأهداف عسكريّة. وتقتضي مهمتها، مثلاً، أن تجمع، بوسائل مختلفة (تصوير، رادار...) معلومات حول التمركز والتجهيزات العسكريّة لدى الدول المناوئة، وأن تراقب تحرّكات كتائبها، الخ.

يُطلق ربع هذه الأقمار فقط لأهداف مدنيّة، أي خارج النطاق العسكريّ، أو لأبحاث علميّة.

وهكذا، بفضل الأقمار الصناعيّة المخصّصة للمواصلات المسافيّة، يمكن التواصل من قارّة إلى أخرى، ومتابعة أحداث العالم الهامّة مباشرة، في جميع أنحاء العالم.

أقمار البث المباشر تعيد نقل «باقات» من البرامج التلفزيونيّة التي تُلْتَقط من كل الأبنية المجهّزة بهوائيّات لها شكل الأقداح تسمّى «القِطَع المكافىء».

صورة راداريّة لجنوب فرنسا، مأخوذة من الفضاء





قمر صناعيّ في الفضاء

وبعض الأقمار الصناعيّة الأخرى تراقب غطاء الأرض المكوّن من غيوم، وتساعد على تحسين توقعات الطقس.
هنالك أقمار أخرى تراقب سطح الكرة، وتتيح وضع جردة بموارد كوكبنا (مياه، نباتات...)، ومراقبة بعض الظواهر كالفيضانات، والجفاف، والتلوّث... وهنالك أيضاً أقمار تتفحّص الكون وتكتشف أجراماً وظواهر لا تقبل الشك.

نقل المعلومات

كلّ تبادل معلومات بين قمر صناعي والأرض يتمّ بواسطة موجات لاسلكيّة. والأقمار الصناعيّة مجهّزة لهذا الهدف بهوائيات إرسال والتقاط موجات لاسلكيّة. وعلى الثرى، تتزوّد الوكالات الفضائيّة شبكة هوائيّات تتيح لها الاتصال بالأقمار حيثما كانت حول الأرض. والإشارات التي تُرسَل إلى الأقمار لإعطائها أوامر، كإدارة محرّك، مثلاً، تسمّى «إدارة مسافيّة». والإشارات التي ترسلها الأقمار لنقل نتائج القياسات تسمّى «قياسات مسافيّة».

الحطام الفضائيّ

منذ أن بدأ الإنسان يرسل أجهزة إلى الفضاء، راحت البقايا من كل نوع تتراكم حول الأرض، وهي بقايا أقمار انتهت خدمتها، وحطام صواريخ، الخ.
في الولايات المتحدة هيئة تابعة للدفاع تمتلك شبكة رادارات ومقاريب متصلة بكاميرات لتراقب هذه الأشياء وكذلك الأقمار التي لا تزال في الخدمة. ولأسباب تتعلق بالأمن العسكريّ، يختبىء المركز العمليّاتي تحت جبل شيين في الكولورادو.
أكثر من 000 8 جسم، يزيد قطر الواحد منها على 10 سم، تراقب باستمرار، وبينها أقلّ من 400 قمر صناعي يشتغل. ويُعتقد أنه يوجد بين 000 30 و 000 70 فضالة تتراوح بين سنتيمتر وعشرة سنتيمترات، وهي من الصغر بحيث لا يمكن البحث عنها من الأرض. وهذه البقايا تشكل خطراً محتملاً بالنسبة إلى الأقمار والروّاد الذين يخرجون إلى الفضاء. بسبب سرعتها الهائلة، تلعب دور القذائف المخيفة القادرة على ثَقْب مِغطسة الرائد، أو على تعطيل مركبة فضائيّة: وبسرعة 10 كلم بالثانية لذرّة خبار من 3 مم القوّة التدميريّة التي تمتلكها كرة بولنغ مقذوفة بسرعة 100 كلم/س. وهذه البقايا تدخل أحياناً في الجوّ: وهذا ما يحدث بمعدل مرّة في الأسبوع. وهي، بشكل عام، تتفتت فيه تفتتاً كليًّا. ويشكل سقوطها خطراً على الشعوب، عندما تكون أجساماً ثقيلة: هذه هي حال المختبر الأميركي سكايلاب عندما دخل الجو فوق أوستراليا في تمّوز/يوليو 1979, وهذه هي حال المحطة الروسيّة ساليوت 7, فوق أميركا الجنوبيّة في شباط/فبراير 1991. ولم يكن هناك من ضحايا حتى اليوم.



في هذه الصورة التي ابتدعها الحاسوب كل نقطة تمثل شيئاً فضائيًّا

قمر وُضعَ في المزاد

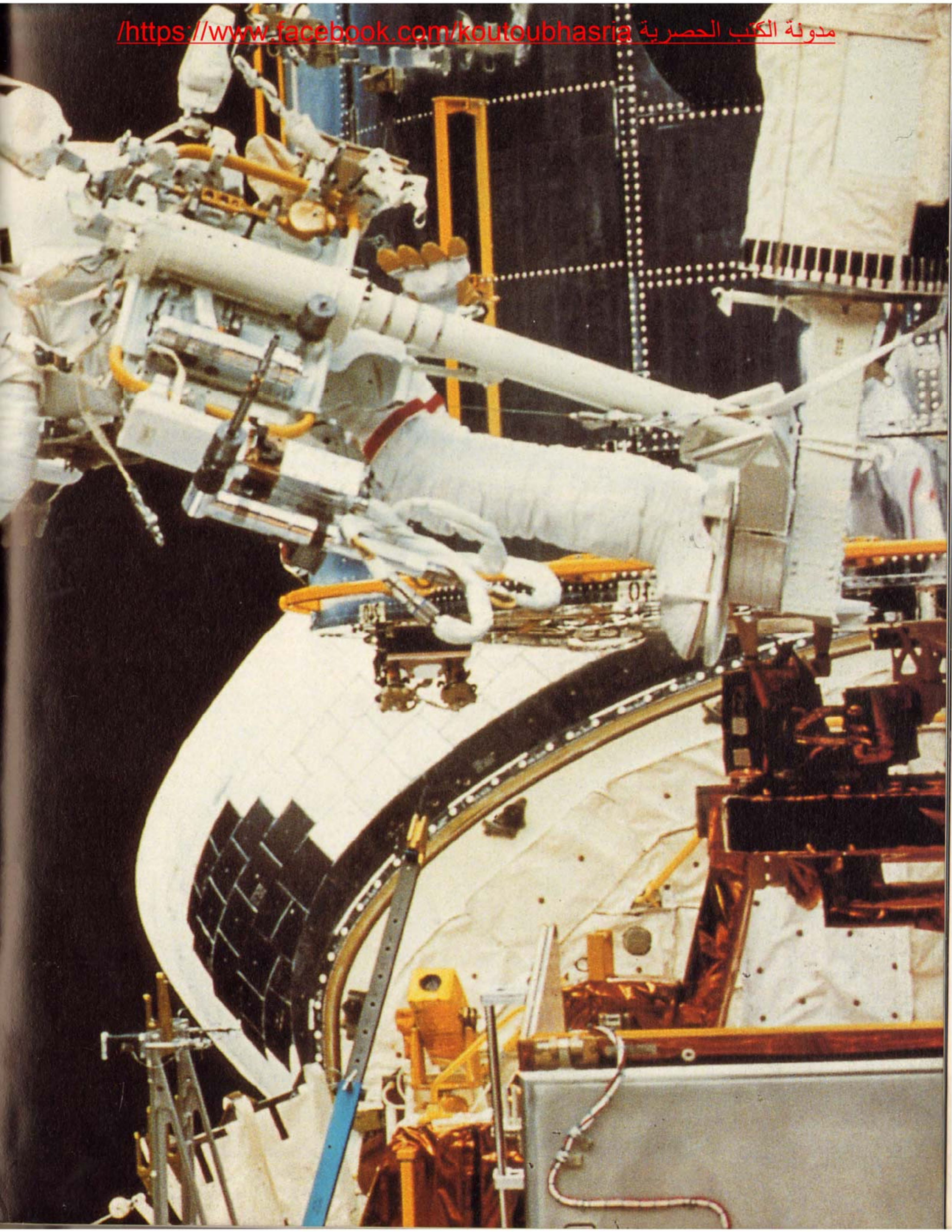
إنّ الأجسام التي أقامت في الفضاء تُعتبر غنائم حقيقية. وهذه المركبة القمرية تزن 2.3 أطنان، وهي من قمر صناعي روسي فوتون، استرجعت بعد أسبوعين من الطيران حول الأرض سنة 1990, وبيعت بالمزاد في باريس في نيسان/أبريل 1992.

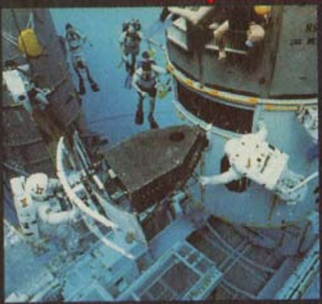


صندوق قمامة للفضاء

إنّ تراكم الحطام الفضائي حول الأرض قد يصبح خطراً على الأقمار أو السفن الفضائيّة. وقد فكّر المعنيّون بهذا الأمر، في إمكانيّة إرسال قمر يلعب دور صندوق القمامة، فقد يجمع الحطام قبل أن يتجه نحو الثرى ويتفكك في الجو.

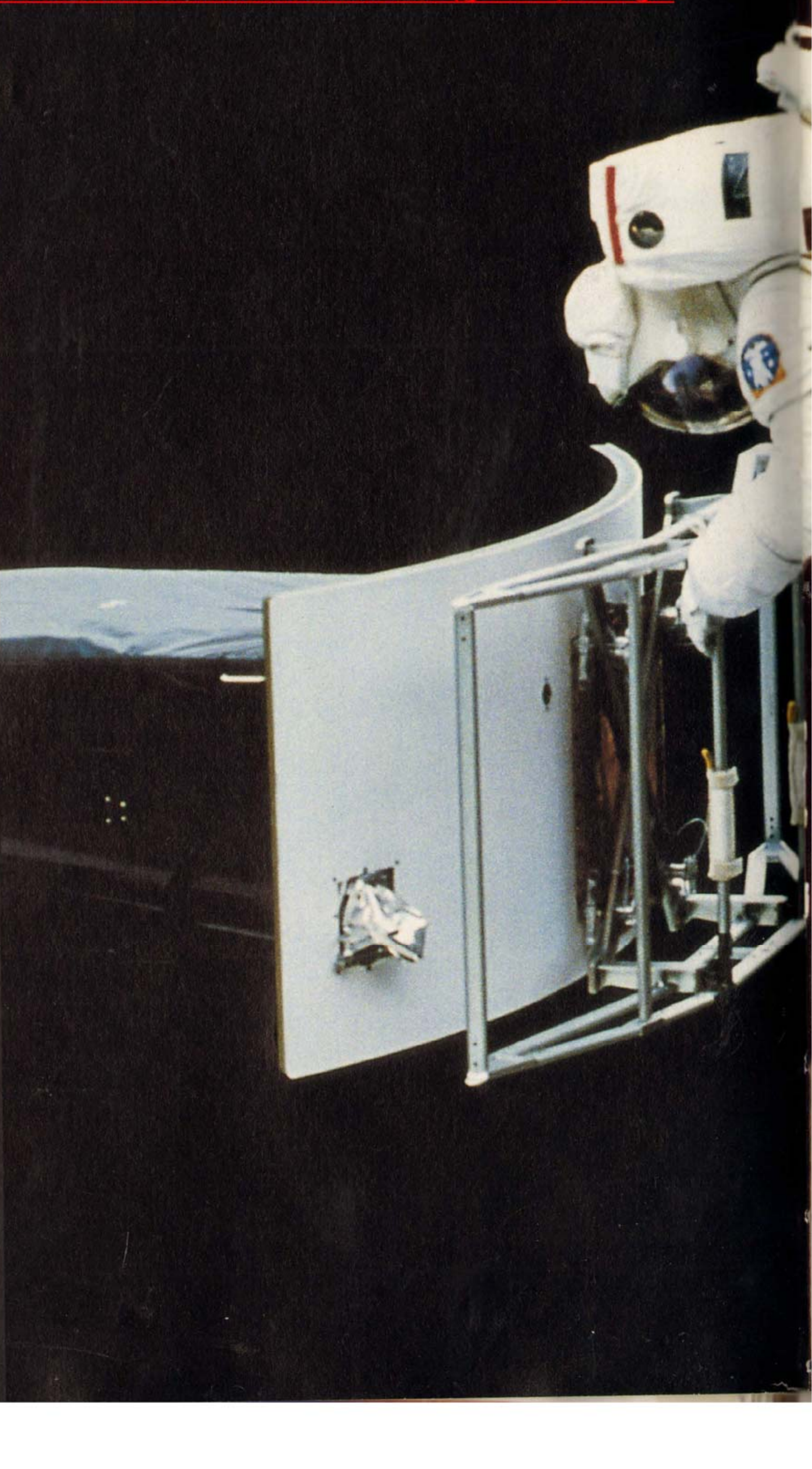


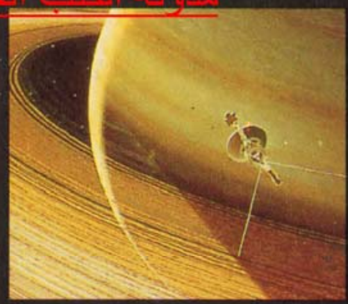




هَبِل بعْد الإصلاح

كان المِقراب الفضائيّ هَبِل يُعاني قِصَر النظر والاضطرابات.
لذلك ذهب، في كانون الأوّل/ديسمبر عام 1993، فريق المكّوك الأميركي لاسترداده وإصلاحه. وكان الخروج في الفضاء لأكثر من خمس مرّات الذي يمثّل نحو ستّ وثلاثين ساعة عمل في المغْطسة، ضروريًا لإنجاح هذه العمليّة. كان المِقراب مُعاقاً بسبب خلل في شكل مرآته الرئيسيّة وبسبب الارتجاجات. فركّز الفلكيّون، بالقرب من المرآة الكبيرة، عدسات زجاجيّة تصحيحيّة، تهدف إلى تحسين نوعيّة صُوَر الأجرام المرصودة. وانطلقت بعثة إصلاح ثانية في شباط/فبراير عام 1997.





إنّ المسابير الفضائيّة تسافر في النظام الشمسيّ، وتذهب لملاقاة الكواكب والمذنّبات والنيازك لدراستها. هنالك العشرات من المسابير المجهّزة بآلات قياس، قد غادرت الأرض.

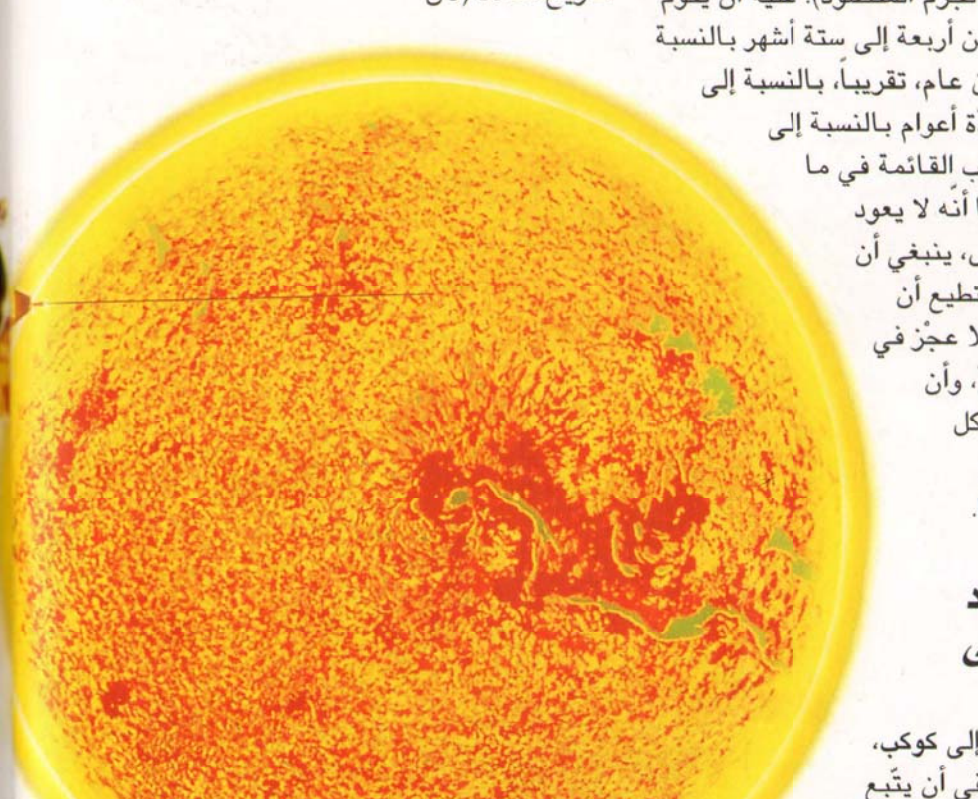
المسابير الفضائيّة

إنّ المسابير الفضائية نوع خاص من الأقمار الصناعيّة، مُعدّة لتدخل في مدار حول الشمس، أو للقيام بسفرة طويلة في الفضاء، قبل بلوغ الجُرْم المكلّفة دراسته.

ومهمّة المسبار الفضائي معقّدة ومكلفة. والتقاء جسم سماويّ مسباراً فضائياً يتطلّب تحضيراً طويلاً. فينبغي إطلاق المسبار في فترة محدّدة بدقّة (وهي تتوقف على موقع الأرض وموقع الجُرم المقصود). عليه أن يقوم بسفرة طويلة: من أربعة إلى ستة أشهر بالنسبة إلى الزُّهرَة، ومن عام، تقريباً، بالنسبة إلى المرّيخ، ومن عدّة أعوام بالنسبة إلى جوبيتر والكواكب القائمة في ما وراء ذلك... وبما أنّه لا يعود عادةً إلى الأرض، ينبغي أن يجهّز بآلات تستطيع أن تشتغل طويلاً بلا عجْز في الفراغ الفضائيّ، وأن يتمكّن من نقل كل المعلومات التي يتلقّاها لاسلكيًّا.

كيفَ يُسدّد المسبار إلى كوكب؟

لإيصال مسبار إلى كوكب، قد يُعْتَقَد أنّه يكفي أن يتّبع مساراً بخط مستقيم. ولكنّ الأمر ليس كذلك. فالكواكب تدور كلها، تقريباً في سطح واحد (إلاّ عطارد وبلوتون)، فالمسار الأوفر هو قطع اهليلجيّ مُماس، في الوقت نفسه، لمدار الأرض (عندَ إطلاق المسبار) ولمدار الكوكب المقصود (عندَ وصول المسبار). هذا هو مسار هوهمن، وهو باسم المهندس الألماني الذي كان أوّل من قام بحساباته. وهذا المسار، لسوء الحظ، وإن كان الأوفر، هو أيضاً الأطول: فمدة السفر تتراوح بين ثلاثة أشهر ونصف للوصول إلى عطارد، و 45 سنة ونصف للوصول إلى بلوتون! بالإضافة إلى ذلك، يفرض هذا المسار إطلاق المسبار في تاريخ محدّد (لأن

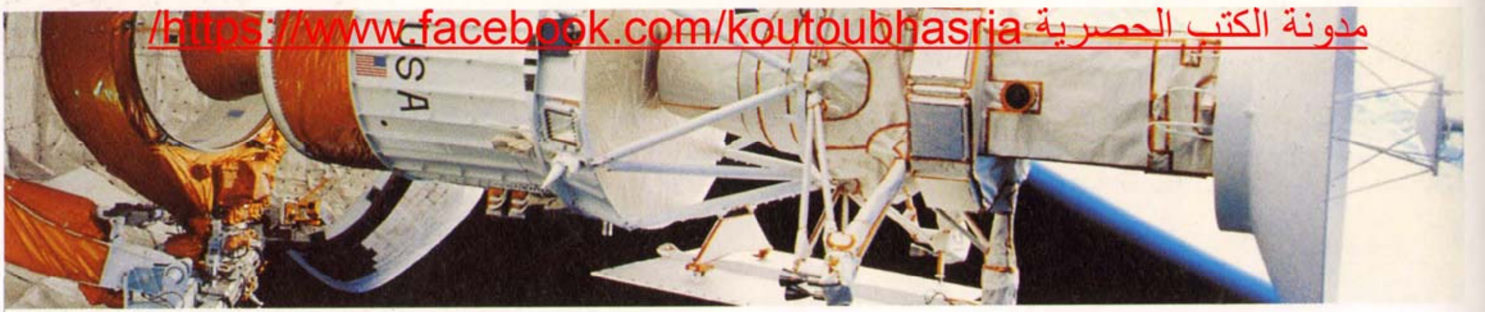


المسبار أوليس حلّق فوق قطبي الشمس عام 1994 وعام 1995.

- **دفعة:** قوة قاذفة يخلقها محرك صاروخ.
- **دَوَر:** وضع جهازاً فضائياً في مدار حول جُرْم.
- **رياح شمسيّة:** فيض من الجزيئات الذريّة الشديدة السرعة ينبعث من الشمس باستمرار.
- **قطع ناقص (قطع اهليلجي)** خط منحنٍ، مجموع المسافتين بين كل نقطة من نقاطه ونقطتين ثابتتين اسمهما البؤرتان، مجموع ثابت.
- **كرة مغنطيسيّة:** حجم يكون فيه الحقل المغنطيسي لكوكب مسجوناً بالرياح الشمسيّة.



- **مِسبار (فضائي):** جهاز فضائي غير مأهول، مُعدّ لدراسة مقرّبة عن الأجرام أو لاستكشاف النظام الشمسي.
- **مهمّة (فضائيّة):** عمل نوعي مفوّض إلى قاذفة، أو إلى قمر صناعي، أو إلى مسبار فضائيّ أو إلى فريق سفينة فضائيّة.



المسبار الأميركي ماجلان

الكواكب تتحرّك) لا يتكرر إلاّ كل أربعة أشهر بالنسبة إلى عطارد، وكل 19 شهرا بالنسبة إلى الزُّهَرَة، وكل 26 شهراً، بالنسبة إلى المرّيخ، الخ. وللتفلّت من هذه الضغوط، تُستعمل مدارات ليست مماسّة لمدار الأرض ومدار الكوكب المقصود، بل قاطعة لهما. وهكذا، وبفضل سرعات أعلى، يكون سفر المسابير أسرع، ويكون تحت التصرّف بضعة أسابيع للإطلاق نحو الزُّهَرة أو المرّيخ.

مدار ومسار



في أيّامنا هذه، لإطلاق مِسبار نحو كوكب، يُبدأ دائماً بوضع المسبار في مدار انتظار حول الأرض. وهذا ما يتيح، بأكثر دقّة ممكنة، تحديد مميّزات الدفعة الواجبة للانطلاق الحقيقي نحو الكوكب المختار. وهذا ما يتمّ بفضل إدارة محرّك بعد عدّة دورات في مدار الانتظار. بالرغم من دقّة هذه التقنيّة، ينبغي، أحياناً، القيام بتصحيحات المسار أثناء المهمّة. وعند الوصول إلى جوار الكوكب، بعد عدّة شهور، أو عدّة سنين، يجب أن يُكبَح المِسبار لكي يَدُوَر: وإذ هو يفقد شيئاً من سرعته، يدخل في المدار حول الكوكب.

الآلات

تكون المسابير مجهّزة بمختلف الحاسبات والكاشفات والملتقطات. وبفضل هذه الآلات، تدرس الجزيئات والإشعاعات والنيازك الصغيرة التي تلتقيها في الوسط البَيْسيّاري. والمسابير



المعدّة لدراسة كوكب أو مذنّب تُجهَّز، عادةً، بكاميرا أو بأكثر، وبأجهزة لتحليل الجو، وبآلة لقياس الحرارات.

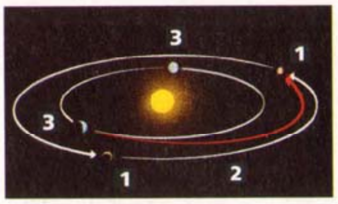
التحليق فوق كوكب يتيح الحصول على معلومات حول جوّه: سماكة، كثافة... وعندما يوضع في مدار كوكب، يستطيع المسبار أن يقوم بالقياسات نفسها مرّات عديدة.

وبفضل رادار يدرس تضاريس الجُرْم.

أخيراً، إذا حطّ المسبار على الكوكب، يُكِبُّ على دراسة مفصّلة للتربة.

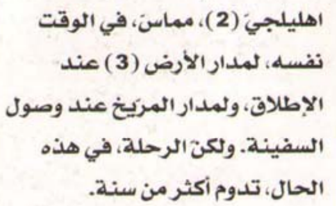
التركيب الكيميائي، المميّزات الفيزيائيّة، النشاط الزلزاليّ...

في جميع الأحوال، إنّ التحليل البالغ الدقة لمسار مِسبار يساهم في معرفة كتلة الكوكب الذي يقترب منه معرفة أفضل، وقوة الجاذبيّة المسيطرة على سطحه.



مسار هوهمن

لإرسال سفينة فضائيّة نحو المرّيخ (1) باستهلاك الحدّ الأدنى من الطاقة، يكفي وضعها في مسار اهليلجيّ (2)، مماسّ، في الوقت نفسه، لمدار الأرض (3) عند الإطلاق، ولمدار المرّيخ عند وصول السفينة. ولكنّ الرحلة، في هذه الحال، تدوم أكثر من سنة.



المساعدة الجَذْبيّة

عندما يحلّق مِسبار فوق كوكب، يمكن أن يُستفاد من الجاذبيّة التي يمارسها الكوكب على المسبار، للويّ مساره، وزيادة سرعته، ودفعه باتجاه كوكب آخر؛ وهذه هي تقنيّة المساعدة الجذبيّة، التي أتاحت للمسبار الأميركي فوياجر أن يحلّق فوق جوبيتر، وساتورن، وأورانوس ونبتون.



السفينة كسّيني (إلى اليمين) والمِسبار هويجنز (إلى اليسار)

استكشاف النظام الشمسيّ

إنّ غزو الفضاء أتاح للإنسان أن يتفلّت من الأرض. ولكنّ هذه الاستكشافات ستقتصر لمدّة طويلة على النظام الشمسيّ.
ونظراً إلى وسائل الدَّفع الحاليّة وشيوع المسافات، قد يقتضي السفر خارج النظام الشمسيّ عدّة قرون.

غزو القمر

منذ 1959, أي بعد سنتين من إطلاق أوّل قمر صناعيّ، راح الاتحاد السوفياتي يرسل **مسابير** أوتوماتيكيّة نحو القمر:
فنقلت لونا 3 الصور الأولى للجهة المخفيّة.
وخلال الستّينات أثار استكشاف القمر منافسة حادّة بين الأميركيين والسوفيات. فأرسل الأميركيّون مسابير لونار أوربيتر أصبحت من توابع القمر، وأتاحت اختيار الأماكن المناسبة لهبوط الروّاد.

ولكنّ السوفياتيين هم الذين سبقوا، عام 1966, إلى إنزال المِسبار لونا 9 بهدوء، ووضع لونا 10 في مدار القمر.
من 1969 إلى 1972, مع برنامج رحلات ابولو المرفقة بطيّارين، استطاع برنامج الاستكشاف الأميركيّ أن يبلغ المجد.
ففي 21 تموز/يوليو عام 1969 كان نيل آرمسترونغ وإدوِن آلدرين أوّل آدميين يطآن سطح القمر، على أثر رِحلة أبولو 11.
وبالإجمال، حطّ اثنا عشر رائداً على سطح القمر، في ستّة أمكنة مختلفة. التقطوا آلاف الصور، ووضعوا آلات علميّة مختلفة. والسوفياتيون، وإن لم يرسلوا بشراً إلى القمر، قد تابعوا استكشافَهُ بفضل مسابير أوتوماتيكيّة حتى سنة 1976. فقد أنزل اثنان من مسابرهم عام 1971 وعام 1973, على القمر، مركبة تُدار عن بعد، لونوكهود، وسَحَبَت ثلاثة منها نموذجاً من التربة القمريّة.



منطاد على المرّيخ

من المشاريع التي أُهمِلت، مشروع منطاد فرنسي يحمله مِسبار روسيّ.
كان من المقرّر أن يُنزَل هذا المنطاد، وهو يحمل آلات للقياس، في جو المرّيخ، وأن ينحرف على مرتفعات عدة، خلال عدة أيام. وكان من المقرر أن يقترب، ليلاً، من التربة لدراستها.



في المستقبل، سيتمكّن رجال آليّون من استكشاف سطح المريخ بالتفصيل.



المسبار الأوروبي جيوتو

استكشاف الكواكب

إن تحليق المسبار الأميركي مارينر 2 في 14 كانون الأوّل/ديسمبر سنة 1962, قد كان بداية استكشاف الكواكب.

التحليق الأوّل

الزهَرة: 1962, مارينر 2 (الولايات المتحدة)
المرّيخ: 1965, مارينر 4 (الولايات المتحدة)
جوبيتر: 1973, بايونير 10 (الولايات المتحدة)
عطارد: 1974, مارينر 10 (الولايات المتحدة)
ساتورن: 1979, بايونير 11 (الولايات المتحدة)
أورانوس: 1986, فويّاجر 2 (الولايات المتحدة)
نبتون: 1989, فويّاجر 2 (الولايات المتحدة)

التدوير الأول

الزهَرَة: 1975, فينيرا 9 وفينيرا 10 (الاتحاد السوفياتي)
المرّيخ: 1971, مارينر 9 (الولايات المتحدة)

الهبوط الأوّل

الزهرة: 1967, فينيرا 4 (الاتحاد السوفياتي)
المرّيخ: 1971, المرّيخ 3 (الاتحاد السوفياتي)

وبأقل من ثلاثين عاماً، حلّقت المسابير فوق كل الكواكب باستثناء بلوتون. وهناك أجهزة دَوَّرت حول الزُّهرة والمرّيخ، وهناك مسابير حطّت على هذين الكوكبين. وابتداءً من 1976 درس المسباران الأميركيّان فايكنغ وصوّر كوكب المرّيخ، من على الكوكب ومن الفضاء، لمدّة عدّة سنوات. ولم تظهر تحاليل التربة الكيميائية أيّ أثر للحياة.
وبفضل المسبارين الأميركيين فويّاجر اللذين أطلقا عام 1977, يمتلك المعنيّون وفرة من الصور والمعلومات العمليّة في موضوع الكواكب الأربعة الضخمة: جوبيتر، ساتورن، أورانوس ونبتون، وفي موضوع حلقاتها والكواكب التابعة لها.
من 1990 إلى 1994, ظل المسبار الأميركيّ ماجلاّن في مدار حول الزُّهَرة الذي وَضَعَ خرائط لسطحِهِ بواسطة رادار. ومن هنا حتى آخر القرن 20، ظل يُتابَع استكشاف المرّيخ. في خريف 1997, أطلق المسبار الأميركي كسّيني في اتجاه ساتورن. وهو يحمل المسبار الأوروبي هويغنز المُعدّ للهبوط على أكبر تابع لساتورن، وهو تيتان. ولن يبلغ الجهازان هدفهما إلا سنة 2004 !

التحليق فوق المذنّبات

إن استكشاف النظام الشمسيّ سيمتدّ، في ما بعد، إلى الأجسام السماويّة الصغيرة: النيازك والمذنّبات. في سنة 1985, وللمرّة الأولى، اقترب المسبار الأميركي من المذنّب جياكوبيني - زِنر وعَبَرَ ذيله.
في سنة 1986, حلّقَ، فوق المذنّب هالي، مسباران يابانيّان واثنان سوفياتيّان، ومسبار أوروبي. ومرّ المسبار الأوروبي، جيوتو، على مسافة 600 كلم فقط من نواة المذنّب، والتقط الصور الأولى وهي أول ما عُرِف لنواة مذنّب. واستكشاف النيازك بدأ بالتحليق فوق غاسبرا (1991) وإيدا (1993) بواسطة المسبار الأميركي غاليليو نحو جوبيتر.

دراسة الوسط البَيْسيّاري

إن الوسط البيسيّاري يحتوي غباراً وجزيئات ذريّة. وبعض المسابير، كالأجهزة الأميركيّة الأولى بايونير، كانت مهمتُها دراستَها. وقد اكتشفت وجود **الرياح** الشمسيّة، والكرة المغنطيسيّة التي تحيط ببعض الكواكب، ولا سيّما الأرض. هناك مسابير أخرى كانت مهمتها رَصْد الشمس. وكان المسبار أوليس، الذي أُطلِق عام 1990, والذي شارك فيه الأوروبيّون والأميركيّون، هو المسبار الأوّل الذي حلّق فوق قطبي الشمس، وهو الرصد الذي يصعب انطلاقاً من الأرض. □



القمر كما صوَّرَهُ المسبار كليمنتين.

سنة 1994, نقلَ مسبار أميركي صغير أكثر من مليون صورة للقمر، وذلك خلال شهرين، وهذه الصور تشكّل أطلساً كاملاً لهذا الجرم. ولأول مرة، التقطت مشاهد مفصّلة للمناطق القطبيّة.



الصخور القمريّة مرئيّة بالمِجهر.

حمل روّاد القمر معهم 380 كلغ من الصخور القمرية التي أُخضِعت لمختلف أنواع التحاليل. وهي أقلّ تنوّعاً من الصخور الأرضية. ليس هنالك منها سوى نوعين: صخور الأنرتوز الوافرة في المناطق الجبليّة، وصخور البزلت البركانيّة التي تملأ «البحور».



إن الإنسان الأول الذي طار في الفضاء هو السوفياتي لوري غارغرين في 12 نيسان/أبريل عام 1961. قام بدورة حول الارض في ساعة و 48 دقيقةعلى متن سفينة فضائيّة، فوستوك 1. ومنذ ذلك التاريخ، سافر في الفضاء أكثر من 300 رائد.

الإنسان في الفضاء

إنّ الرجال والنساء المدعوّين للمساهمة في رحلة فضائيّة يُسمَّون «روّاد الفضاء» وإن اختلفت التسمية الفرنسيّة من بلد إلى بلد. و 90% منهم أميركيون أو روسيّون، أمّا البقيّة فتمثّل نحو عشرين جنسيّة.

الاختيار

إن الاختيار دقيق قاس، ويتمُّ استناداً إلى سلسلة من الاختبارات. على الروّاد أن يتمتعوا باللياقة البدنيّة، وحدّة النظر، ورهافة السمع، والاتزان الذهني الذي لا عيب فيه، وعمق الثقافة.

التدريب

يتبَعُ الاختيار مرحلةُ تدريب مكثّف بغية الإقامة في الفضاء. فيتلقى الرائد تعليماً إضافيًّا ليتثقّف نظريًّا.

بالإضافة إلى ذلك، يقوم الرائد بتمارين متنوّعة، في ظروف مشابهة لظروف الطيران الفضائي: تمثيل في النابذة المركزية لتسريعات قويّة تحدث عند الإقلاع؛ وتمثيل في الطائرة لطيران قَطْعيٍ، وتمثيل لانعدام الجاذبية المسيطر في سفينة فضائيّة؛ وتمثيل، في حوض سباحة، للعمل في الفضاء، الخ.

في روسيًا، يدوم التدريب على القيام بمهمة فضائيّة نحو سنتين. ولمدّة عام، تتكرر بدقّة كل

- **انعدام الجاذبيّة:** زوال تأثير الجاذبيّة.
- **جاذبيّة:** قوّة فاعلة في الأجسام القائمة على جرم أو في جواره، وتعطي هذه الأجسام وزنها، وتعمل إمّا على إيقاعها على الجرم، وإمّا، في بعض الحالات، تدويرها في مدار حولها.



- **حجرة طيّار:** جزء من سفينة فضائيّة مخصّص للطاقم.
- **طيران قطعيّ:** طيران يتيح وضع طائرة في مدار بحيث تسقط سقوطاً حراً بغية الحصول في داخل الجهاز، على جاذبيّة منخفضة للحظات قليلة.
- **محطّة فضائيّة:** جهاز فضائي أوتوماتيكي أو مأهول، في مدار حول الأرض، مُعَدّ لمهامّ طويلة الأمد.
- **مكيّفة الضغط:** غرفة فضائيّة كُيِّف فيها الضغط ليلائم الجهاز العضويّ.
- **نابذة مركزيّة:** آلة تدور معدّة لإخضاع رائد فضاء أو تجهيزات لنتائج التسريع.

الرائدان الفرنسيّان ج. ب. هنيريه و م. توغنيني يتدرّبان على القيام برحلة على متن المحطّة مير.





روّاد يهمّون بركوب السفينة

مراحل الرحلة في آلات تُسمّى «الأجهزة المقلّدة». وهذه الآلات ما هي إلاّ صورة دقيقة لحجرة **الطيّار** في سفينة فضائيّة. وعلى كل فرد من أفراد الطاقم أن يحلّ محلّ آخر في عمله، في حال المرض.

في الولايات المتّحدة، يُعرف نوعان من روّاد الفضاء:

هناك، من جهة، الطيّارون و «اختصاصيو المهمّة» القادرون على قيادة المكّوك؛ ومن جهة أخرى، «اختصاصيّو الحمولة النافعة» وهم مهندسون أو رجال علم تدرّبوا، لمدة ثلاثة أشهر فقط، على عناصر سلامة رحلة؛ ومهمتهم الوحيدة هي القيام باختبارات علميّة.

تدرُّب، في حوض سباحة، على أعمال مرتقبة عند الخروج إلى الفضاء



التجهيزات

يرتدي الروّاد أمتعة خاصة هي المِغطسة. والمغطسة رداء يزوّد الأوكسجين للتنفّس، ويتيح تحمّل التسريعات.

المِغطسة **مكيَّفة الضغط** لكي تتيح الخروج في الفضاء. وهي معدّة أيضاً للحماية من إشعاعات الفضاء الخطرة.

في السفن الفضائيّة الأولى، كان كلّ من الروّاد يحتفظ بمغطسته.

أمّا في أيّامنا هذه، فتُعتبر حجرة الطيّار كافية ليتحرّك الطيار بلا حماية خاصة. فلا يرتدي الرائد منهم المِغطسة إلاّ عند الإقلاع حتّى دخولهم في المدار. ويلبسها أيضاً للخروج في الفضاء، وفي مرحلة العودة، قبل الدخول في الجو.

داء الفضاء

كل الحياة في سفينة فضائيّة في المدار، تتأثّر بانعدام الجاذبيّة: يفقد الروّاد قدرتهم على المشي، ويغدو وزنهم غير حسّاس، وتعوم الأشياء من حولهم، وتمتنع المعالم المعتادة مثل الأعلى والأدنى. ومعظم الروّاد يشعر بدوار في أوّل أيّام الرحلة في الفضاء، أو يصيبه التقيؤ. هذا ما يسمّى «داء الفضاء» ثم يتكيّف الجهاز العضوي. ولكنْ، بسبب انعدام الجاذبيّة، تستمرّ بعض الاضطرابات. وهي تتعلّق بالقلب والأوعية الدمويّة والعظام، والعضلات والتوازن. فالدم، مثلاً، يميل إلى الصعود إلى الجزء الأعلى من الجسم، وهذا ما يجعل الوجه منتفخاً؛ وتُصاب العظام بخسف الكلس، ويتمدّد الهيكل. وعندما يعود إلى الأرض، على الرائد أن يتكيّف، ثانية، مع الجاذبية. □

رائدة أميركيّة

إنّ الأميركيّة الأولى التي أُطلقت في الفضاء كانت سالي رايد عام 1983. ومنذ ذلك التاريخ، استقبل المكّوك الفضائي العديد من الطواقم المختلطة. ريا سِدن (انظر ادناه) طارت عام 1993 في مهمّة س ت س 58.



المرأة الرائدة الأولى

إنّ أوّل امرأة أُطلقت في الفضاء، كانت الرائدة الروسيّة فالنتينا ترشكوفا التي دارت 48 دورة حول الأرض، على متن السفينة فوستوك 6، من 16 إلى 19 حزيران/يونيو عام 1963. ولم تتحمل الطيران جيداً، وتوجّب الانتظار حتى 1982 لعودة امرأة إلى الفضاء.





خروج في الفضاء

الحيـاة الـيوميّة في المــدار

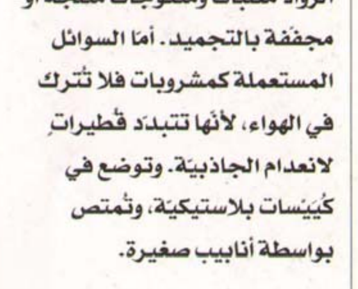


الأكل...

من أجل وجبات الطعام، يصطحب الروّاد معلبات ومنتوجات مثلجة أو مجففة بالتجميد. أمّا السوائل المستعملة كمشروبات فلا تُترك في الهواء، لأنها تتبدّد قُطيراتٍ لانعدام الجاذبيّة. وتوضع في كُيَيْسات بلاستيكيّة، وتُمتص بواسطة أنابيب صغيرة.

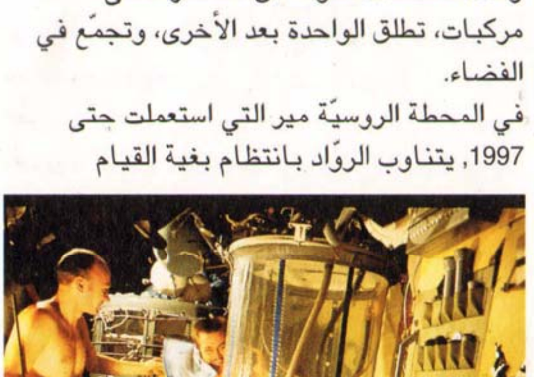
... والنوم

من أجل النوم، ينسلّ الروّاد في كيس للنوم، مركّز إلى جانب من جوانب السفينة الفضائيّة. ولكن النوم ليس بالأمر الهيّن في سفينة لا تكون مُعتمة أبداً، ولا هادئة إلا في النادر من الحالات.



إنّ الروّاد الذين ذهبوا إلى القمر لم يُمضوا في الفضاء إلاّ عشرة أيّام. ومهامّ المكوك الأميركيّ قد تمتدّ حتّى أسبوعين. والإقامات الأطول تتمّ على متن أقمار صناعيّة مُعدّة لتكون مأهولة ولتدور حول الأرض لمدة سنوات، فهي **محطّات مداريّة**. وهذه المحطّات مكوّنة من عناصر تسمّى مركبات، تطلق الواحدة بعد الأخرى، وتجمّع في الفضاء.

في المحطة الروسيّة مير التي استعملت حتى 1997, يتناوب الروّاد بانتظام بغية القيام



رشاشة المحطة السوفياتيّة ساليوت 7

بتجارب علميّة. وقد أقام أحدهم فيها أكثر من سنة.

التـزيُّـن

يتزيّن الروّاد، عند الاستفاقة من نومهم، كما على الأرض. ويغتسلون بمسح أجسادهم بمناشف رطبة، أو باستعمال رشّاشة خاصّة. ويُجهَّز موساهم بعلبة يُجمع فيها الشعر كيلا يتناثر في حجرة الطيّار. وللحاجات الطبيعية، لديهم مراحيض لها المظهر التقليدي، ولكنّ الفضَلات تُسْقط وتُجمَّع لكي تُلقى في الفضاء لاحقاً.

العمل واللهو

خلال النهار، على الروّاد أن ينفذّوا برنامج عمل مكثّفاً. فهم يقومون بتجارب علميّة عديدة أو باختبارات تقنيّة. وصعوبة العمل الأساسيّة تكمن في استحالة وَضْع أيّ شيء. وما إن يُفْرَغ من استعمال حاجة حتى تصفّ أو تركز. ولذلك تكثر الأحزمة واللفافات على جوانب السفينة الفضائيّة المأهولة أو على طاولات العمل فيها. ولعدم التحرّك أثناء القيام بعمل ما، يجمّد الروّاد سيقانهم وأقدامهم في أجهزة خاصة. ولا يُهملون وسائل اللهو من قراءة وموسيقى وتلفزيون. الروّاد المقيمون على متن المحطة الروسيّة مير بإمكانهم أن يتّصلوا دائماً بعائلاتهم لاسلكياً، وهناك سفن «التقدّم» التي تحمل إليهم البريد وأشرطة الفيديو حول النشاط العالمي.

للحفاظ على صحّة جيّدة بالرغم من انعدام الجاذبيّة، على الروّاد القيام بتمارين رياضية باستمرار: كالسير على النقّال، واستعمال الدرّاجات الثابتة. وعندما يقيمون على المحطة مير، لفترة طويلة، يقومون بمثل هذه التمارين لمدة ساعتين كلّ يوم.

الخروج في الفضاء

في 18 آذار/مارس سنة 1965, أصبح ألكسي ليونوف، الطيّار المساعد في السفينة السوفياتيّة فوسكهود 2, أوّل «ماشٍ في الفضاء». كان محميًّا بواسطة مِغْطسة، ومربوطاً إلى **سفينته الفضائية** بواسطة حبل من عدّة أمتار، عندما مشى لمدة اثنتي عشرة دقيقة في الفضاء.

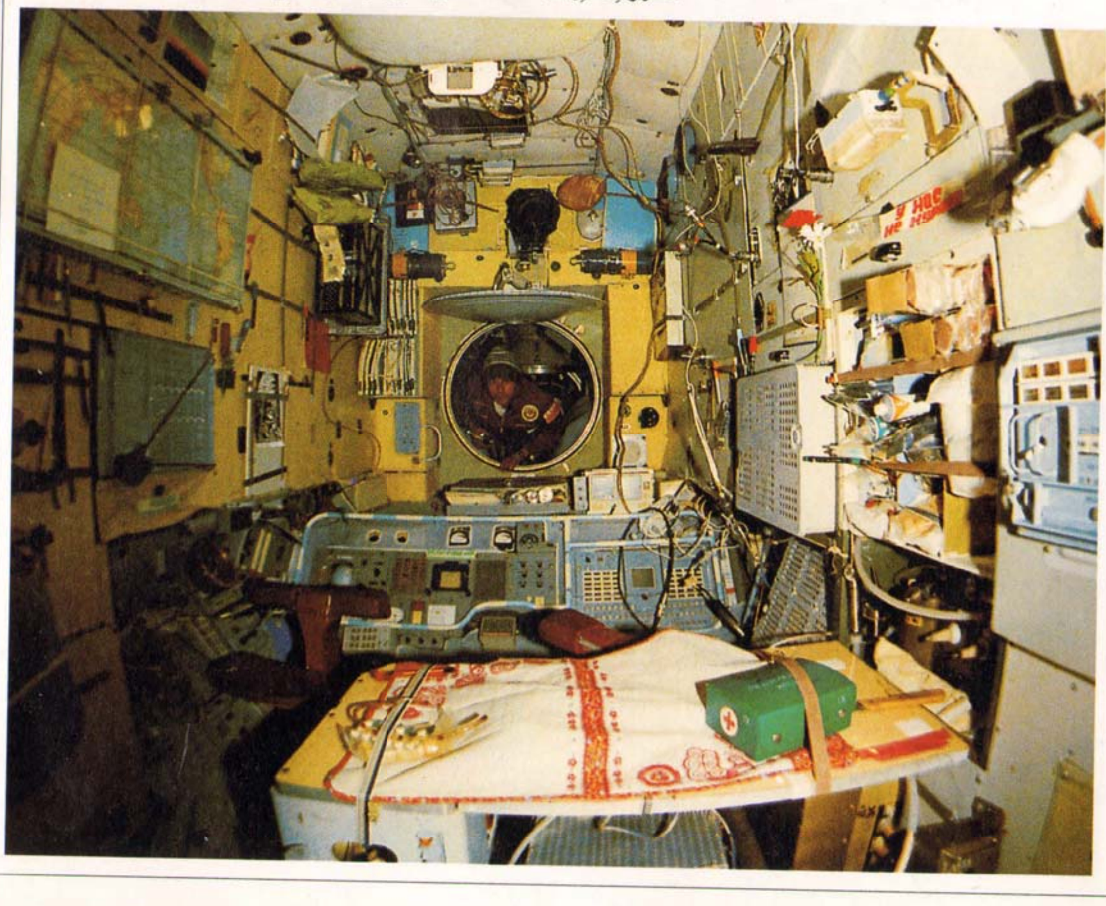
منذ ذلك التاريخ، تزايَدَتْ عمليّات الخروج في الفضاء. وفي أيّامنا هذه، تدوم في أكثر الأحيان،


رائد يعمل خارج المكّوك

عدّة ساعات. ويقوم الروّاد، خارج سفنهم بأعمال مختلفة:
يستطيعون القيام بتصليح لا بدّ منه، أو تسيير هوائيّ مضغوط، أو إعادة شحن جهاز تصوير، الخ.
وعمليّات الخروج الأولى أظهرت أن الروّاد كانوا يتأذّون من القيام بحركات معيّنة في الفضاء، وأنهم كانوا بحاجة إلى نقاط ارتكاز وإلى معدّات مناسبة، وأنّهم كانوا يتعبون بسرعة.
في الوقت الحاضر، تُجهَّز السفن المأهولة، من الخارج، بعدد كبير من المقابض التي تسهِّل انتقال الروّاد، أو تُتيحُ لهم المحافظة على وضع معيّن.

وبصورة أكثر استحقاقاً للمشاهدة، نجح روّاد، في كانون الأوّل/ديسمبر عام 1993, في استرداد المقراب الفضائي هَبل، وفي وضعه في المداري إندفر، وفي إصلاحه قبل إنزاله في الفضاء ثانيةً.
ولإنجاح هذه المهمّة، تناوب أربعة ميكانيكيين زوجاً زوجاً، على القيام بالخروج في الفضاء خمس مرّات على الأقلّ، بمدّة اجماليّة من 35 ساعة و 28 دقيقة!
وفي المستقبل، سيُصبح هذا الخروج في الفضاء ضروريًّا لجمع أجزاء المحطّات المداريّة الدائمة حول الأرض.

مظهَر لداخِل المحطّة المداريّة الروسيّة مير، التي وُضِعت في الخدمة في 1986

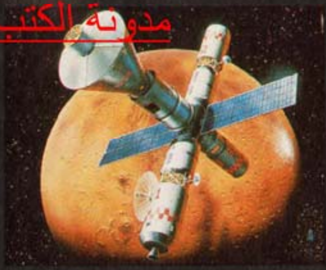






انفجار شالنجر

في 28 كانون الثاني/يناير عام 1986, كان فريق الرحلة الخامسة والعشرين للمكّوك الأميركي يتأهّب للرحيل. وبَعْد 73 ثانية من الإقلاع، انفجر المكّوك وتساقط حطامه في الأطلسي.
لاقى أعضاء الفريق السبعة حَتْفَهم، وهم أسرى في حجرتهم. وأظهر التحقيق في ما بعد، أنّ المُسيّر قد انشقّ قطعتين، وأنّ إحداها قد اصطدمت بالخزّان الخارجي الكبير المحتوي على الأوكسجين والهيدروجين السائلين، فانفجر مع المداري.



إن الرحلات الفضائيّة في آخر القرن العشرين وفجر القرن الحادي والعشرين هدفت إلى تجميع محطّة فضائية عالميّة. لكنّ رجال العلم ينتظرون متابعة استكشاف القمر.

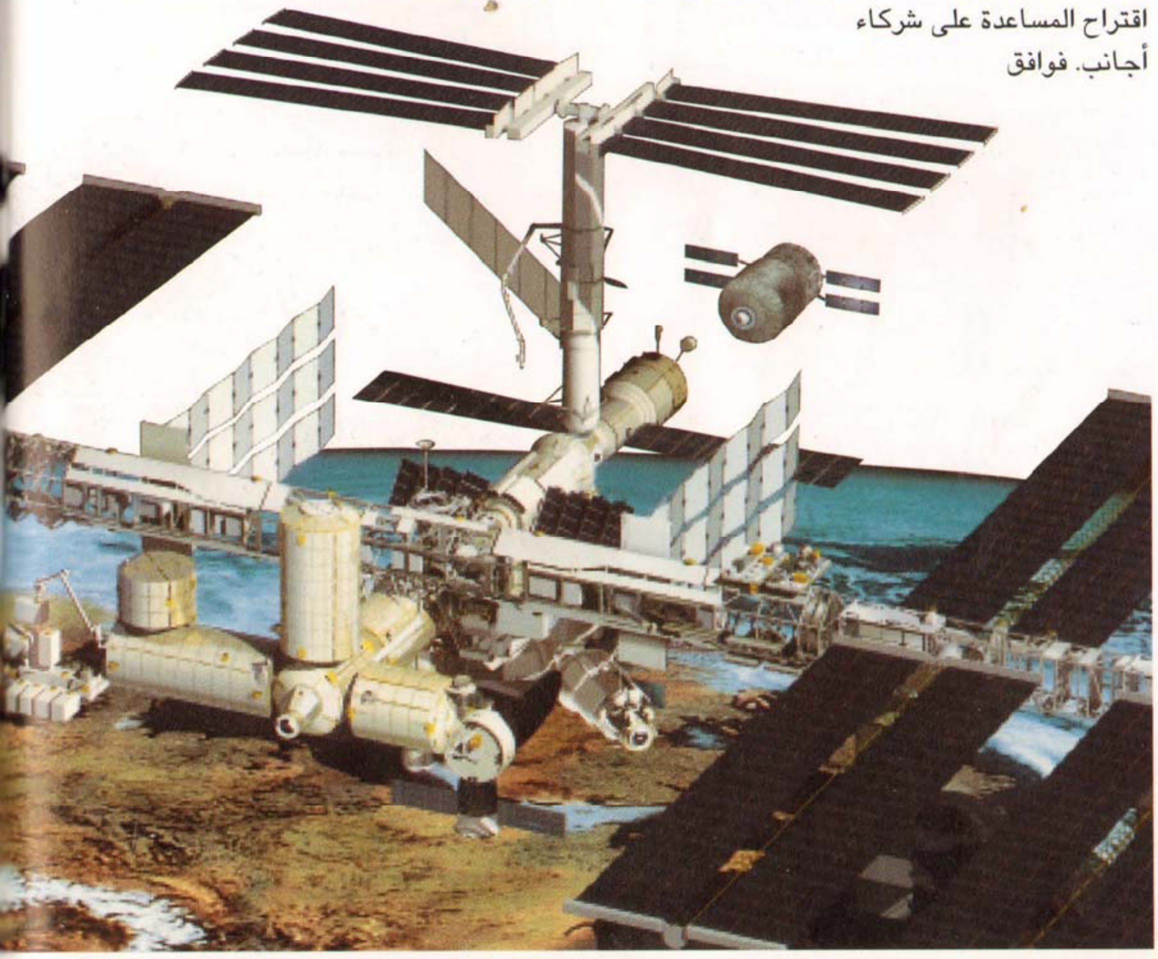
المستقبل

إن تكاليف البرامج الكبيرة للأبحاث العلميّة واستكشاف الفضاء هي من الفخامة بحيث تتعدّى طاقة بلد منفرد. فإنجازات المستقبل الكبرى ستكون، إذاً، ثمرة تعاون دوليّ.

المحطّة الفضائيّة الدوليّة

إنّ بناء محطّة فضائيّة عالميّة قد تقرّر في الولايات المتّحدة منذ عام 1984. ولكن حادثة المكّوك تشالنجر المأسويّة عام 1986 قد أرجأت تنفيذ المشروع.

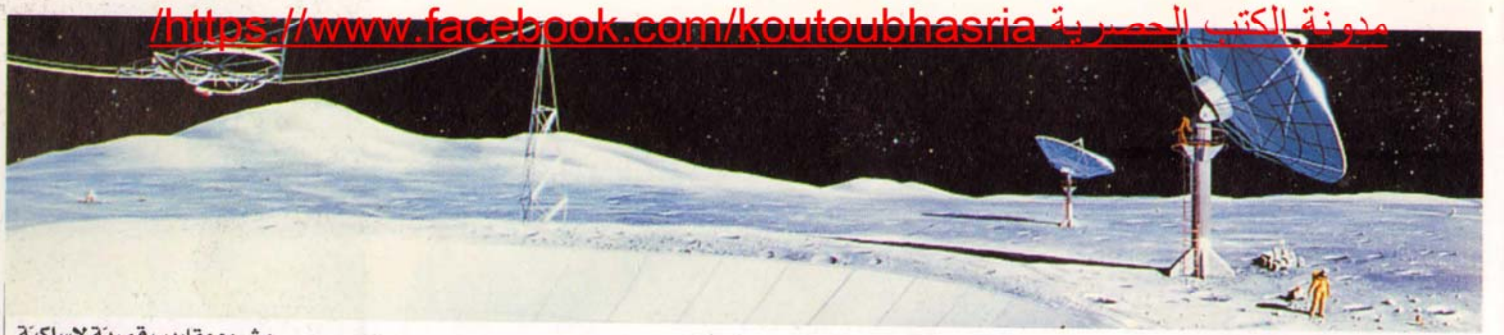
تبيّن، في ما بعد، أن هذا المشروع باهظ الكلفة، وهذا ما دعا وكالة الفضاء الأميركية نازا إلى اقتراح المساعدة على شركاء أجانب. فوافق على هذا الاقتراح كندا وأوروبا واليابان، وكذلك روسيّا التي لها خبرة كبيرة في مادّة **المحطّة المداريّة** بفضل برامج ساليوت ومير. ومنذ 1995 تمّت سلسلة من الرحلات الروسيّة ـ الأميركيّة المصحوبة بطيّارين لتجميع المعطيات الضرورية لتحضير التجهيزات للمحطّة المستقبليّة (1998 وعام 2003). وستكون **عُرَيْبة** روسيّة أولى، الـ ف. ج. ب. بمثابة **حجرة الطيّار** والقاطرة في الوقت نفسه. ويُتابَع التجميع، بلوازم منقولة بصواريخ روسيّة أو بـ**المكوك** الأميركي. وسيكون شكلها النهائيّ بطول 108 أمتار، وعرض 74 متراً. وستكون كتلتها الإجمالية من



- **جاذبيّة:** قوّة فاعلة في الأجسام القائمة على جُرم أو في جواره، وتكسب هذه الأجسام وزنها، وتعمل إمّا على إيقاعها على الجُرم، وإمّا، في بعض الحالات، تدويرها في مدار حولها.
- **حجرة طيّار:** جزء من سفينة فضائيّة مخصّص للطاقم.
- **عُرَيْبة:** جزء من مركبة فضائيّة، ذو تركيب ووظيفة محدّدين.
- **غلاف حُتاتي:** طبقة من الصخور المُحطمة، على سطح القمر.
- **محطّة فضائيّة:** 1 مرادف محطّة مداريّة. 2 جهاز فضائيّ أوتوماتيكي أو مأهول، مُلقى على سطح جُرم، ومُعدّ، عادةً، لمهامّ طويلة الأمد.
- **محطّة مداريّة:** جهاز فضائيّ أوتوماتيكي أو مأهول، ذو قياسات كبيرة، في مدار حول الأرض، مُعد، عادةً، لمهامّ طويلة الأمد.



- **مصباح تيّاري:** جهاز يحوّل طاقة الشمس الإشعاعيّة إلى طاقة كهربائيّة. (مرادف خليّة شمسيّة)
- **مكّوك (فضائيّ):** مركبة فضائيّة ممكن استردادها، مُعدّة للاتصال بين الثرى ومحور منخفض حول الأرض.



مشروع مقاريب قمريّة لاسلكيّة

400 طن، تقريباً، مع مختبراتها الستة. وسيكون لها حجمٌ يُسْكن من 300 1 م³، يعادل حجم مقصورتين في طائرتين كبيرتين للركّاب.

عودة إلى القمر

يحلم الفلكيّون بتركيز مقاريب ومقاريب لاسلكيّة على سطح القمر. وهكذا يكون الجانب الخلفي منه مكان مراقبة مثاليًّا، مراقبة الأجرام البعيدة، القائمة في ما وراء مجرّتنا: فليس هناك من جوّ يشوش الصور، ولا من أنوار مُشوِّشة، بل هناك سماء سوداء وليال من أسبوعين!

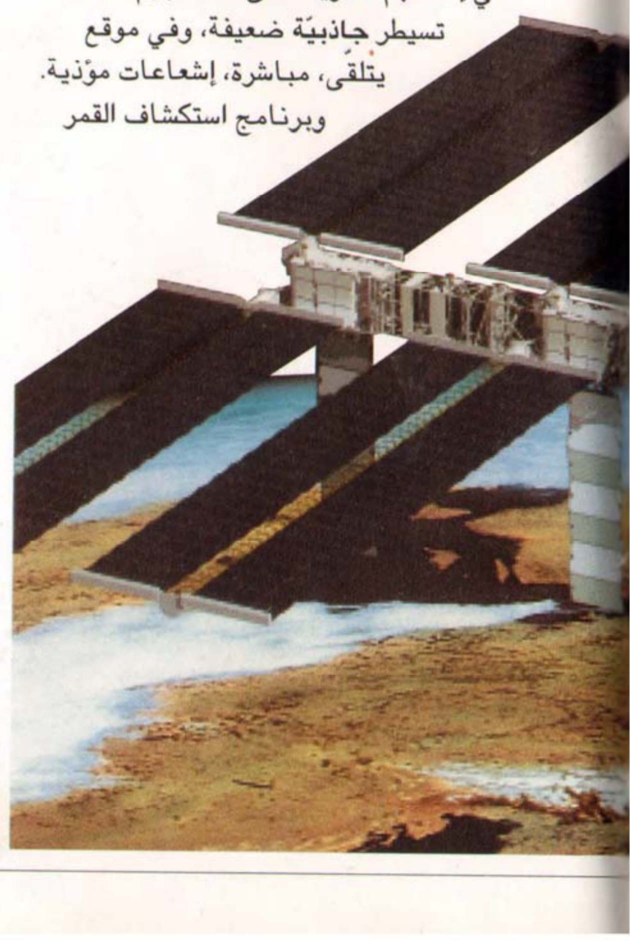
وفي ما بعد، قد يُستعمل القمر كمحطّة فضائيّة طبيعيّة.

وقد يكون من الممكن، هناك، دراسة وضع الروّاد في إقامتهم الطويلة على هذا الجُرم حيث تسيطر جاذبيّة ضعيفة، وفي موقع يتلقّى، مباشرة، إشعاعات مؤذية. وبرنامج استكشاف القمر الجديد، هذا البرنامج الدولي، طبعاً، سيشمل، في البداية، إرسال أجهزة اوتوماتيكيّة، يظل بعضها في مدار حول القمر لدراسته، أمّا بعضها الآخر فيركز على سطح القمر رجالاً آليّة متحرّكة بهدف استكشاف بعض المناطق ودراسة تربتها حيث هي. ثم تُرسل مسابير فضائيّة لتقتطع عيّنات من التربة وتعود بها إلى الأرض.

أخيراً، قد تُركَّز على سطح القمر قاعدة علميّة حقيقية، لن تكون مأهولة باستمرار، ولكنّ الروّاد يزورونها من حين إلى حين.

القاعدة القمريّة

سَبَق أن تخيّل الخبراء قواعد قمريّة. وستكون مقصورتهم القابلة للسكن مكيَّفة الضغط، وفي حماية من الإشعاعات الخطرة الآتية من الفضاء، وفي مأمن من قصف القمر المستمرّ بالنيازك الصغيرة. لذلك ستكون مخفيّة بالتربة جزئيًّا: وتُغطّى بغلاف حُتاتي، وهو المادّة الصخريّة التي تكوّن سطح القمر. وسيكون هنالك لوحات كبيرة من مصابيح تيّاريّة تحوّل أشعة الشمس إلى طاقة كهربائية تخزّن لتُستعمَل بعدئذٍ خلال الليالي القمريّة الطويلة. وسيُستخرَج الأوكسجين، الضروري لبقاء الطواقم، من الصخور القمريّة التي تحتوي منه الكثير. إنّ قاعدة قمريّة ستتيح للروّاد أن يتعلموا العيش والعمل على أجْرام أخرى غير الأرض. وهذه التجربة لا بد منها، قبل أن يفكر الإنسان في المزيد من المغامرات في النظام الشمسي. □

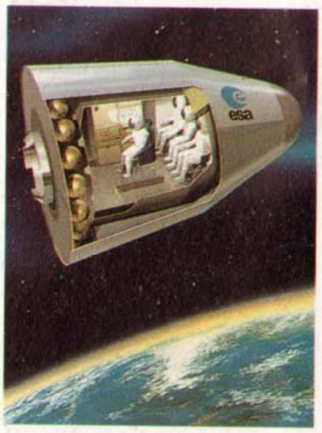


المحطة الفضائية الدولية

حينَ تُجمع، ستُدفَع المحطة بفضل محرّكاتها، على ارتفاع 440 كلم، لتوضع في مدار انحناؤه 51,6 درجة على سطح خط الاستواء. وسيكون على متنها ستّة أو سبعة روّاد يؤمّنون الصيانة. ومن المتوقع أن تعمل المحطّة لمدّة عشر سنوات. ■

كبسولة أوروبيّة

لتأمين المواصلات مع المحطة الفضائيّة الدوليّة، تنوي وكالة الفضاء الأوروبيّة استعمال مركبة صغيرة ممكنة الاسترداد تسمّى مركبة النقل، التي قد تحمل أربعة روّاد.



استعمار الفضاء

في رأي الفيزيائي الأميركي جيرار اونيل، أن الناس قد يبتنون، في المستقبل، مُدناً فضائية. وستكون، مثلاً، دواليب تدور على نفسها ببطء للاستفادة من جاذبيّة مصطنعة.









هل كنت تعلم ذلك؟

400 ق.م اكتشف اليونانيُّون أنَّ الأرض مستديرة.
1543 أشار نيقولا كوبرنيك أنَّ الأرض تدور حول الشمس.
1609 غاليله كان أول من راقب السماء بالمنظار.
1781 وليم هرشل اكتشف أورانوس
1846 جوهان غال اكتشف نبتون في الموضع الذي أشارت إليه حسابات إربان لو فرييه.
1926 أطلق روبير جودارد أوّل صاروخ على الإرغول السائل.
1957 إطلاق أول قمر صناعيّ، سبوتنيك 1.
1961 أصبح لوري غارغزين أوّل رجل فضاء.
1969 وَطِىء نيل أرمسترونغ وأدون آلدرن سطح القمر
1993 أُصلح المقراب الفضائي هبل في المدار.

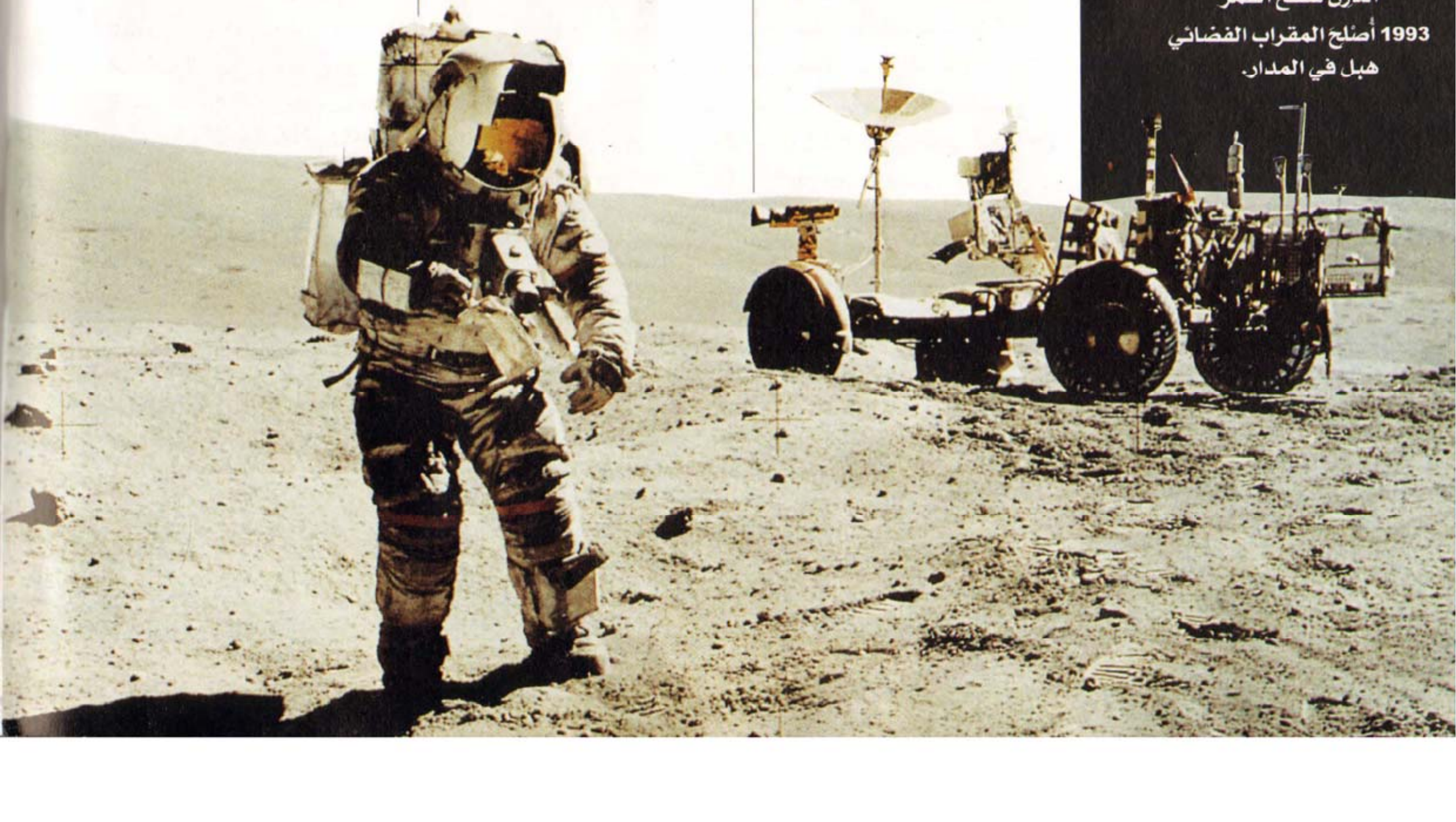
ما هو الكوكب الأكثر سخونة؟
الكوكب الأكثر سخونة هو الزُّهَرة الذي تبلغ حرارة سطحه الـ 460 درجة مئويّة. فهو، في الواقع، قريب جدًا من الشمس، ومحاط بجوّ سميك، قوامُه، بصورة أساسيّة، غاز الفحم الذي يختزن سخونة الشمس.

ما هو الكوكب الذي يمتلك أكبر عدد من التوابع المعروفة؟
هو زُحَل الذي حُدِّدَ حوله ثمانية عشرَ كوكباً تابعاً. وما للأرض ولبلوتون منها إلاّ واحد.
والزهرة وعطارد، وحدهما، ليس لهما من كواكب تابعة.

ما هو أصل القمر؟
بناءً على المعلومات التي اكتُسِبَت على أثر برنامجٍ أبولو، يعتقد الفلكيّون، اليوم، أنّ القمر ناتج عن اصطدام بين الأرض وجسم آخر أصغر حجماً (بحجم المرّيخ)، قد يكون اصطدم بها بعد تكوينها. وقد يكون حطام هذا الاصطدام قد تناثر حول الأرض، وقد يكون تجمّع بعضه، بعد ذلك، فكانت ولادة القمر.

ما هو وزن أكبر حجر نيزكي سقط على الأرض؟
60 طنًّا، تقريباً، وهو الذي اكتشف في هوبا، عام 1920, بالقرب من مزرعة تبعد 20 كلم عن مدينة غرونفونتين في ناميبيا. ويعود تاريخ سقوطه إلى عدّة قرون. وهو حجر حديدي.

كم من الوقت ينبغي للنور كي يخرج من الشمس؟
لولا الحواجز في طريقها، لعبرت حُبيبات النور المسمّاة ضوئيات، بثانيتين، المسافة التي تفصل بين وسط الشمس، مصدرها، وسطح هذا الكوكب. ولكن، بسبب اصطدامها المستمر بذرّات الغاز داخل الشمس، ينبغي لها مليونا سنة للخروج من الشمس.











ويكفيها، بعد ذلك، ثماني دقائق للوصول إلى الأرض.

كم من الوقت ينبغي للشمس لتقوم بدورة كاملة حول المجرّة؟
تدور الشمس حول مركز المجرة بسرعة 900 000 كلم/س. وينبغي لها لا أقلّ من 240 مليون سنة لتقوم بدورة كاملة حول المجرّة. ومنذ تكوينها، تكون قد قامت بنحو عشرين دورة.

ما هي النجمة الأقرب إلى النظام الشمسي؟
النجمة الأقرب إلى النظام الشمسي بروكسيما السنتور (النجمة الدنيا). ويمضي نورها 4 سنوات و 3 أشهر ليصل إلينا. ينبغي نحو 100 000 سنة للوصول إليها بوسائل الدفع الحاليّة، أمّا بسيّارة سرعتها 160 كلم/س، فيمثّل هذا رحلةً مدّتها 45 مليون سنة.

ما هي أكبر نجمة معروفة؟
هي النجمة ابسيلون من كوكبة الحوذيّ، وهي نجمة عملاقة حمراء، أوسع من الشمس بـ 2 700 مرّة، أي يساوي حجمها 20 مليار ضعف حجم الشمس. ولو وضعت محل الشمس لضمّت كل الكواكب بما فيها زُحَل.

أي نجمة ستكون النجمة القطبيّة بعد 12 000 سنة؟
إنّ النجمة القطبيّة، في الوقت الحاضر، هي النجمة الأكثر لمعاناً في كوكبة الدب الأصغر. وبعد 12 000 سنة ستكون فيغا، النجمة الأكثر لمعاناً في كوكبة القيثارة.

من كان أوّل سائح في رحلة مداريّة؟
كانت الكلبة الصغيرة لايكا أوّل سائحة في رحلة فضائيّة، على متن الكبسولة السوفياتية سبوتنيك 2, عام 1957. وظلت أسبوعاً في مدار حول الأرض. وعندما نفذ الأوكسجين الاحتياطي ماتت لايكا - واندمجت الكبسولة بدخولها في الجو في نيسان/ابريل عام 1958. ودلّ هذا الاختبار على أنّ الجسم الحيوانيّ يتحمّل الوجود في محور مع انعدام الجاذبيّة بضعة أيّام.

ما هو أوّل قمر صناعي فعّال أطلق في الفضاء؟
هو القمر الصناعي الأميركي تلستار 1 الذي أُطلق في 10 تموز/يوليو عام 1962. وكانت قوة الإرسال فيه 2,5 وات. والأقمار الصناعيّة المدينة لها قوّة إرسال أكبر: تلكوم 2, المطلق عام 1991, مثلاً، قوته 2 475 وات.

أيّ محطّة مداريّة كانت الأولى؟
المختبر الفضائيّ الأميركي سكايلاب، الذي وُضِع في المدار عام 1973. لحق به ثلاثة طواقم بسفينة أبولو. والفريق الأخير أقام هناك 84 يوماً عام 1974. وتفكك سكايلاب عام 1979 بدخوله في الجو، وبعض حطامه وقع في المحيط الهندي .

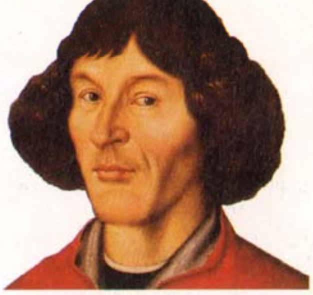
ما هو الرقم القياسيّ للسرعة في الفضاء؟
إن المسبار أوليس الذي أُطلق عام 1990 بواسطة المكوك الفضائي الأميركيّ في اتجاه جوبيتر، ليحلّق فوق قطبي الشمس، قد تجاوز سرعة 160 000 كلم/س، أي 44,4 كلم/ث.

ما هو أوّل قمر صناعي أُصلح في المدار؟
هو صُولر ماكس، القمر الصناعي الأميركي الذي أطلِق عام 1980. وقد تعطل بعد تسعة أشهر من إطلاقه. وذهب روّاد لإصلاحه حيث هو عام 1984.

من هو الذي قام بأطول رحلة فضائيّة؟
هو الرائد الروسي فلاديمير بولياكوف، الذي عاد إلى الأرض في 26 آذار/مارس عام 1995, بعد أن أمضى 442 يوماً في مدار حول الأرض.

هل أُرْسِلت رسائل لسكّان مُحتملين في كواكب أُخرى؟
سنة 1974, بُثت رسالة لاسلكيّة نحو تجمع نجوم في كوكبة هرقل. تصل الرسالة في غضون 25 000 سنة، تقريباً، أمّا الجواب، إذا وجد، فبعد 50 000 سنة. وفي سنة 1977, فقد وُضِعَ تسجيل فيديو على متن مسبارين أميركيين، فوياجر. وتحمل هذه الرسالة تحيّات أهل الأرض بـ 54 لغة، ونماذج موسيقية من مختلف العصور، وأصواتاً تمثل كوكبنا من صوت كرة الثلج إلى غناء الحيتان. كما تحمل صوراً لكوكبنا وسكّانه.

هل هناك جسم طائر مجهول (ج.ط.م.)؟
الأجسام الطائرة المجهولة (ج.ط.م.) هي ظواهر بصريّة هاربة ترى في السماء، لم تحدّد ماهيتها بعد، وكانت تسمّى «الصحون الطائرة». وعام 1947 كانت الشهادة الأولى، لطيّار أميركي، شاهد أثناء الطيران تسعة أقراص مُشعّة تنتقل في السماء. ثم كانت شهادات أخرى. وهناك هيئات مختلفة تدرس هذه الظاهرة، ولكنّ معظم العلماء لا يعتقد أنّ هذه الأجسام الطائرة المجهولة هي سفن فضائيّة مأهولة.


كوبرنيك


تيتشو براهيه


غاليله


كيلــر

شخصيات مشهورة

◐ العصر القـديـم

هبّارك (القرن الثاني ق.م.)
كبير فلكيي اليونانِ في العصور القديمة. أنشأ جدولاً بموضع 1 025 نجمة، صُنِّفت حسب لمعانها الظاهر في السماء، واكتشف مبادرة التعادلين.

كلود بتوليميه (القرن الميلادي الثاني)
فلكي وجغرافي وعالم رياضيّات يوناني، تخيّل الأرض ثابتة في وسط الكون، واقترح نظريّة تتيح لنا أن نأخذ بالاعتبار تحرّكات الشمس والقمر والكواكب في السماء بجمع تحركات دائرية.

◐ القرن الخامس عشر ـ القرن السادس عشر

نيقولا كوبرنيك (1473 - 1543)
فلكي بولوني، بعد سنوات طويلة من الدرس، أشار إلى أنّ الأرض والكواكب الأخرى تدور حول نفسها وحول الشمس في الوقت نفسه. ولكنّه، أنكر على الأرض أي دور مميّز في الكون. وهذا ما أثار انتقادات كثيرة، ولا سيما من قِبَل الكنيسة الكاثوليكيّة.

تيتشو براهيه (1546 - 1601)
فلكي دانمركي، قام بأعمال رَصْد فلكيٍّ بالغة الدقة قبل اختراع المنظار. وأعماله في موضوع المرّيخ، أتاحت في ما بعد، لتلميذه ج. كپلر أن يكتشف قوانين حركة الكواكب حول الشمس.

◐ القرن السابع عشر ـ القرن التاسع عشر

غاليليو غاليلاي المسمّى غاليليه (1564 - 1642)
فيزيائي وفلكي إيطالي، هو أوّل من راقب السماء بالمنظار (1609 - 1610) وهكذا اكتشف تضاريس القمر، وأوجُه الزهَرة، وتوابع جوبيتر الأربعة، والكثير من النجوم غير المشكوك فيها، في درب التبّانة. ولكونه من أنصار النظام الكوني الذي اقترحه كوبرنيك، أحيل على محكمة كنيسة كاثوليكية، التفتيش، التي أرغمته على الاعتراف بأنه مخطىء. أعادت الكنيسة اعتباره عام 1992.

جوهانّس كپلر (1571 - 1630)
فلكي ألماني، من أنصار نظام كوبرنيك، اكتشف بفضل مراقبات معلمه براهيه قوانين تحرّك الكواكب حول الشمس، وقد سُمِّيت «قوانين كپلر».

اسحق نيوتن (1642 - 1727)
فيزيائي وفلكي وعالم رياضيّات إنكليزي، صنع عام 1671 المِقراب الأوّل.
وفي سنة 1687، أوجد قانون الجاذبيّة الذي يشرح حركة الكواكب حول الشمس، وحركة القمر حول الأرض.

وليم هرشل (1738 - 1822)
فلكي بريطاني، صنع عدّة مقاريب، واكتشف الكوكب أورانوس (1781) وكذلك اثنين من توابعه (عام 1787) وبعد ذلك اثنين من توابع زحل (عام 1789). وبدراسته كيفيّة توزع النجوم في مختلف اتجاهات السماء، اكتشف أنّ الشمس قائمة داخلِ تجمع نجوم ذي شكل مسطح: المجرّة.

بيار سيمون دي لابلاس (1749 - 1827)
فلكي وفيزيائي وعالم رياضيّات فرنسي. وسّع الافتراض الذي لا يزال مقبولاً، والذي بموجبه قد يكون النظام الشمسي منبثقاً من غيمة من الغاز. والغبار البينجمي ـ السديم ـ كانت تدور على نفسها ببطء.

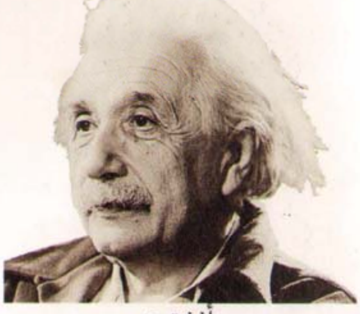
أربان لو فيريه (1811 - 1877)
فلكي فرنسي، بَرهَنَ، استناداً إلى عدم انتظام حركة أورانوس، وجود كوكب أبعد حدَّدَ مداره وموضعه. فسهّل بذلك اكتشاف نبتون الذي قام به الألماني ج. غال عام 1846. وهو أوّل من نظم نشر معلومات الرصد الجوي في فرنسا وأوروبا.

◐ القرن العشرون

إجنار هرتسبرنغ (1873 - 1967)
فلكي دانمركي اكتشف وجود علاقة بين اشعاعيّة النجوم وحرارتها السطحيّة التي تستنتج من طيفها.

هنري نوريس راسّل (1877 - 1957)
فلكي أميركي، وَضَعَ عام 1913 رسماً تخطيطيًّا تصنَّف بموجبه النجوم بناءً على طيفها وإشعاعيتها. فأوضح بذلك وجود نوعين من النجوم متمايزين:
نجوم السلسلة الأساسيّة، والنجوم العملاقة. وكان الاكتشاف نفسه قد سبقه إليه إ. هرتسپرنغ قبل سنوات. ورسم إ. هرتسپرنغ ـ راسّل التخطيطي وسيلة أساسيّة لدراسة النجوم.

ألبرت أنشتين (1879 - 1955)
فيزيائيّ ألماني. نال الجنسيّة الأميركيّة عام 1940. هو


أنشتين


غودرد


ارمسترونغ


غـاغـاريـن

صاحب نظريّة النسبة (1905 و 1916)، التي قلبت الفيزياء وعلم الفلك رأساً على عقب. نال جائزة نوبل للفيزياء عام 1921.

روبرت هتشنغز غودرد
(1882 - 1945)
مهندس وفيزيائي أميركيّ، كان أحد روّاد القذف بالصواريخ. في 16 آذار/مارس عام 1926, أطلق أوّل صاروخ على الأرغول السائل: فاشتغل هذا الصاروخ لمدة ثانيتين ونصف ووصل إلى ارتفاع 12,5م.

إدون بَول هَبل (1889 - 1953)
فلكي أميركي، أشار عامَي 1923 - 1924 إلى وجود مجرّات خارجيّة غير مجرّتنا. ثم برهن أنّ المجرّات تتباعد بسرعة متناسبة مع مسافتها (1929).

جورج هنري ليمتر
(1894 - 1966)
فلكيّ وعالم رياضيّات بلجيكي، هو أول من نادى بإمكانيّة تمدّد الكون عام 1927.
نظم، عام 1931, افتراض «الذرّة الأوّليّة» الذي بموجبه قد يكون الكون. قد نتَج عن انفجار كميّة هائلة من المادّة كانت مضغوطة في حجم صغير جدًا: هذا الافتراض كان أساس نظريّة الانفجار الكبير العصريّة.

سرجاي كورو ليف
(1906 - 1966)
مهندس سوفياتي، قام بأبحاث حول الدَّفع بردّة الفعل ابتداءً من 1931. نفذ صاروخ «زميوركا» الذي أتاح في الرابع من تشرين الأوّل/أكتوبر عام 1957, وضع القمر الصناعي الأوّل في المدار. فأصبح كوروليڤ الصانع الأساسيّ للقاذفات الفضائيّة السوفياتية. وصار صاروخه، بعد ذلك، رأس الحربة في ريادة الفضاء السوفياتيّة. وقد صنع منه آلاف النماذج، فكان الصاروخ الأكثر استعمالاً في العالم.

ڤالنتين غلوشكو (1908 - 1989)
مهندس سوفياتي، قام عام 1929 بأبحاث حول المحرّكات ـ الصواريخ.
وقد بدأ يترقّى بصناعة المحرّكات ـ الصواريخ السوفياتيّة البعيدة المدى، ليصبح في سنة 1946 أحد الحرفيين الأساسيين في تنفيذ القاذفات الفضائيّة السوفياتيّة.

ورنهر فون برون
(1912 - 1977)
مهندس ألمانيّ، عمل على تنفيذ الصواريخ الاختباريّة منذ 1930. بعد استسلام ألمانيا، اكتسب الجنسية الأميركيّة وأصبح أحد أهم الحرفيين في البرنامج الفضائي الأميركي. قاد بناء الصاروخ ساتورن 5, الذي استُعْمِلَ لإطلاق السفن ابولو نحو القمر.

ألن بارتلت شبرد
(وُلِد عام 1923)
رائد فضاء أميركي، هو أوّل إنسان أطلق إلى الفضاء من الولايات المتحدة، في5 أيّار/مايو عام 1961. والكبسولة مركودي فريدُم 7 التي انطلق بها من كاب كانافرال بلغت ارتفاع 187 كلم ثم هوَت في الأطلسي. عام 1971, شارك كقائد في مهمة استكشاف القمر ابولو 14.

إدوِن آلدرين (وُلِد عام 1930)
رائد فضاء أميركيّ، دار 59 دورة حول الأرض عام 1966, وقام بالخروج إلى الفضاء عدّة مرّات. عام 1969, عاد إلى الفضاء، في رحلة ابولو 11.
هو الرجل الثاني، بعد نيل آرمسترونغ، الذي وطِىء سطح القمر في 21 تموز/يوليو عام 1969.

نيل ألدن أرمسترونغ
(وُلِد عام 1930)
رائد فضاء أميركي. كان عام 1966 قائد المهمّة جميني 8 التي حققت أوّل إرساء لسفينتين فضائيتين. وعام 1969 عاد إلى الفضاء قائداً رحلة أبولو 11 حين غدا أوّل إنسان يطأ سطح القمر في 21 تمّوز/يوليو عام 1969.

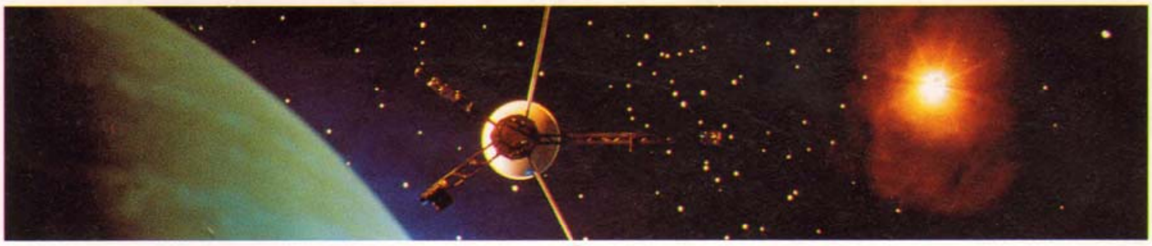
يوري غاغارين (1934-1968)
رائد فضاء سوفياتي، وأوّل إنسان قام برحلة فضائيّة في 12 نيسان/أبريل عام 1961 على متن السفينة فوستوك 1, فقام بدورة حول الأرض، في طيران استمرّ 108 دقائق. تُوفيَ في 27 آذار/مارس سنة 1968, في طائرة، أثناء تدريب عسكريّ.

ألكسي ليونوف
(وُلِدَ عام 1934)
رائد فضاء سوفياتي. وهو أوّل إنسان خرج إلى الفضاء في مِغطسة في 18 آذار /مارس 1965 أثناء رحلة فوسكهود 2. وهذا الخروج دام 12 دقيقة ابتعد خلالها حتى خمسة أمتار عن سفينته الفضائيّة. عاد في تموز/يوليو 1975، إلى الفضاء أثناء الرحلة الأميركيّة السوفياتيّة أبولو ـ سويوز. ثم كُلِّفَ، بعد ذلك، توجيه تدريب روّاد الفضاء السوفياتيين.

الفهرس الأبجدي

Encyclopédie des jeunes

LAROUSSE



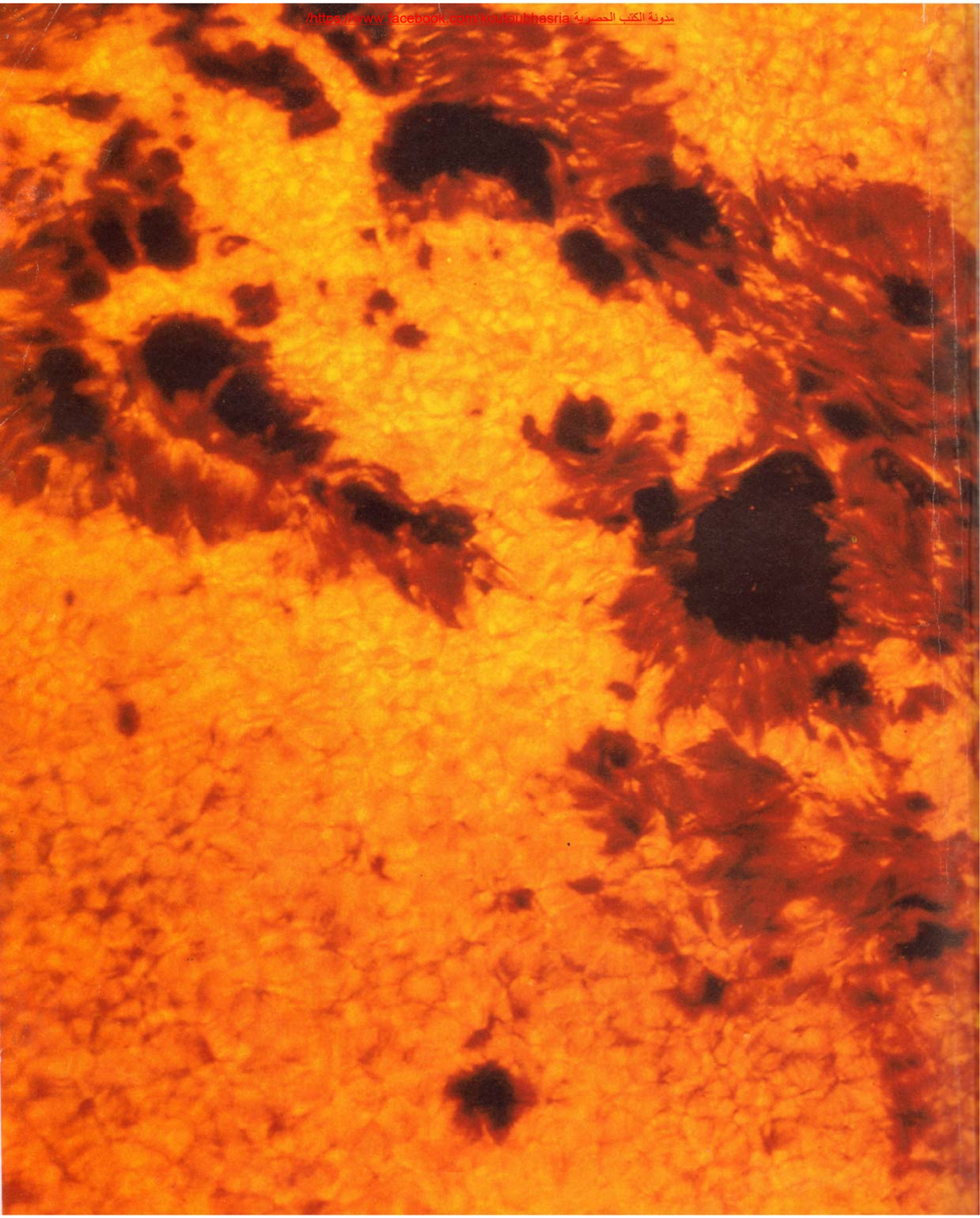
l'Univers

Traduction arabe

Dr. Joseph Mansour

EDITIONS OUEIDAT

BEYROUTH - LIBAN





شبابنا

موسوعة LAROUSSE

موسوعة عامة بالمواضيع من عدة أجزاء، تجول في ميادين المعرفة شرحاً وتوضيحاً. معلومات دقيقة وإخراج مشوق تجعل منها رفيقاً مثالياً لتحضير دراسة أو للإجابة عن تساؤلات عالم اليوم.

الكوْن

كيف تكون الكون ؟ ما هي النجمة؟

ما الفرق بين نيزك وحجر نيزكي؟

من هو أول إنسان طار في الفضاء؟

متى اكتشف وجود المجرّات؟

ما هي أهم البرامج الفضائية؟

وفي آخر الكتاب سير لعظماء الفلكيين والمنجمين وأحداث تتعلق بالفضاء

عناوين هذه السلسلة

- الأرض كوكب نشط
- النبات والحيوان
- تاريخ العالم
- الطاقة والمادة
- جسم الإنسان
- مغامرات الحياة
- تاريخ الفن
- الكون
- أطلس العالم
- ديانات العالم
- الإتصالات منذ البداية حتى الإنترنت

I SBN 9953-28-006-1

9 789953 280066

EDITIONS OUEIDAT

Beyrouth - Liban